

**Comptes rendus de la
25^e réunion de la
Conférence générale
des poids et mesures
(novembre 2014)**

English version

**Proceedings of the
25th meeting of the
General Conference
on Weights and Measures
(November 2014)**

Bureau international des poids et mesures

Conférence générale des poids et mesures

25^e réunion (18-20 novembre 2014)

Note sur l'utilisation du texte anglais (voir page 276)

Les comptes rendus de la Conférence générale des poids et mesures sont présentés en anglais en même temps qu'en français. Il n'en demeure pas moins que la version officielle, en particulier concernant les résolutions adoptées par la Conférence, est celle en langue française.

The proceedings of the General Conference on Weights and Measures are prepared in English as well as French. Please note, however, that the official version, particularly of the Resolutions voted by the Conference, is the French one.

Édité par le BIPM
Pavillon de Breteuil
F-92312 Sèvres Cedex
France

Conception graphique :
Monika Jost

Imprimé par : Imprimerie Centrale, Luxembourg

ISSN 1016-5893
ISBN 978-92-822-2261-4

Table des matières

Liste des délégués et des invités 11

Comptes rendus des séances, 18-20 novembre 2014 27

Ordre du jour 28

Première séance – 18 novembre 2014 (matin)

1. Présentation des titres accréditant les délégués 31
2. Ouverture de la réunion de la CGPM par M. le président de l'Académie des sciences, président de la CGPM 31
3. Discours d'ouverture du représentant de Son Excellence M. le Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique de la République française 34
4. Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures 36
5. Nomination du secrétaire de la CGPM 36
6. Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter 36
7. Approbation de l'ordre du jour 38
8. Rapport du président du CIPM sur les travaux accomplis depuis la 24^e réunion de la CGPM 39
 - 8.1. Nomination d'un nouveau directeur du BIPM 40
 - 8.2. Actions résultant des Résolutions adoptées par la CGPM à sa 24^e réunion 40
 - 8.3. Changements opérationnels au sein du BIPM 43
 - 8.4. Situation financière 44
 - 8.5. Programme de travail du BIPM 44
 - 8.6. Comités consultatifs 44
 - 8.7. Gouvernance et reddition de comptes du BIPM 45
 - 8.8. Durée de la réunion de la CGPM 46
 - 8.9. Conclusion 47
9. Compte rendu du directeur du BIPM sur les principales réalisations du BIPM 47
10. Rapport du président du CCU 49
 - Résumé 49
 - Domaine de compétence du CCU 50
 - Stratégie 51
 - Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM 52

Perspectives à court terme et à long terme **54**

11. Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI (Projet de résolution A) **55**

12. Rapport du président du CCM **57**

Résumé **57**

Domaine de compétence du CCM **58**

Stratégie **58**

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **59**

Perspectives à court terme et à long terme **61**

13. Rapport du président du CCEM **63**

Résumé **63**

Domaine de compétence du CCEM **63**

Stratégie **64**

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **65**

Perspectives à court terme et à long terme **67**

Remerciements **68**

Deuxième séance – 18 novembre 2014 (après-midi)

14. « La mesure du temps » par C. Salomon, CNRS/LKB **69**

15. Rapport du président du CCL **71**

Résumé **71**

Domaine de compétence du CCL **72**

Stratégie **73**

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **75**

Perspectives à court terme et à long terme **78**

16. Rapport du président du CCTF **79**

Résumé **79**

Domaine de compétence du CCTF **80**

Stratégie **80**

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **81**

Perspectives à court terme et à long terme **83**

17. Rapport sur les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux **87**

18. Rapport de l'Organisation intergouvernementale de métrologie légale, OIML (W. Kool, BIML) **89**

19. « Métrologie et normalisation, les avantages de liens resserrés » par R. Steele, ISO **90**

20. « Métrologie et accréditation, les avantages de liens resserrés » par E. Oehlenschlaeger, ILAC **92**
 21. Rapport du président du CCPR **94**
 - Résumé **94**
 - Domaine de compétence du CCPR **95**
 - Stratégie **95**
 - Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **96**
 - Perspectives à court terme et à long terme **98**
 22. Rapport du président du CCT **101**
 - Résumé **101**
 - Domaine de compétence du CCT **101**
 - Stratégie **102**
 - Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **103**
 - Perspectives à court terme et à long terme **105**
 23. Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM **108**
- Troisième séance – 19 novembre 2014 (matin)**
24. Une stratégie à long terme pour le BIPM **108**
 25. Programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019 **111**
 26. « Construire une métrologie internationale : un défi pour les pays émergents » par N. Mukhufhi, NMISA **113**
 27. Proposition pour un « Programme de visiteurs du BIPM pour les années 2016 à 2019 » **116**
 28. Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM (Projet de résolution C) **120**
 29. Dotation du BIPM pour les années 2016 à 2019 (Projet de résolution D) **122**
- Quatrième séance – 19 novembre 2014 (après-midi)**
30. Sur l'élection du Comité international des poids et mesures (Projet de résolution B) **124**
 31. Procédure proposée pour élire la « Commission pour l'élection du CIPM » **126**
- Cinquième séance – 20 novembre 2014 (matin)**
32. Rapport du Groupe de travail sur la dotation du BIPM **130**
 33. « Des mesures exactes et stables pour déterminer les causes du changement climatique à l'échelle mondiale » par J. Butler, NOAA **130**
 34. « Le contexte mondial de la sécurité alimentaire » par J. Doherty, USTR **134**
 35. Rapport du président du CCQM **137**
 - Résumé **138**
 - Domaine de compétence du CCQM **138**
 - Stratégie **139**

- Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **140**
- Perspectives à court terme et à long terme **145**
36. Rapport du président du CCRI **149**
- Résumé **149**
- Domaine de compétence du CCRI **150**
- Stratégie **150**
- Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **152**
- Perspectives à court terme et à long terme **155**
37. Rapport du président du CCAUV **157**
- Résumé **157**
- Domaine de compétence du CCAUV **158**
- Stratégie **158**
- Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM **159**
- Perspectives à court terme et à long terme **160**
38. Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (Projet de résolution E) **164**
39. Présentation de la procédure de scrutin pour l'élection du CIPM **166**
- Sixième séance – 20 novembre 2014 (après-midi)**
40. Autres résolutions soumises par les délégués **168**
41. Accords sur les textes définitifs et vote des résolutions **169**
42. Élection du CIPM **171**
43. Élection de la Commission pour l'élection du CIPM **172**
44. Questions diverses **173**
45. Clôture de la 24^e réunion de la CGPM **175**

Résolutions adoptées par la Conférence générale lors de sa 25^e réunion 176

- Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI **177**
- Sur l'élection du Comité international des poids et mesures **179**
- Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM **181**
- Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019 **183**
- Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM **184**

Annexe A Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion) **187**

Annexe B Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour
les trois années 2016 à 2019 **203**

Annexe C Proposition pour un « Programme de visiteurs du BIPM pour les années 2016 à 2019 » **265**

Liste des sigles utilisés dans le présent volume 501

Liste des délégués et des invités à la 25^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

Réunie à Versailles du 18 au 20 novembre 2014
sous la présidence de M. Philippe Taquet
Président de l'Académie des sciences de l'Institut de France

Mesdames, Messieurs les délégués des États signataires de la Convention du Mètre et Associés à la Conférence générale des poids et mesures.

États Parties à la Convention du Mètre

(Le nom des chefs de délégation apparaît en gras et celui des chefs de délégation par intérim en italique ; le nom des membres du Comité international des poids et mesures est suivi d'un astérisque.)

Afrique du Sud

M. N.S. Mukhufhi, président-directeur général, National Metrology Institute of South Africa (NMISA), Pretoria.

M. W. Louw*, directeur, Recherche et développement technologique, NMISA.

Allemagne

Mme F. Weritz, ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie, Berlin.

*M. J. Ullrich**, président, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.

Arabie saoudite

M. A. Al Gossair, directeur général, National Measurement and Calibration Center (NMCC), Riyad.

M. K.S. Al-Dawood, NMCC.

M. N.M. Alqahtani, NMCC.

Argentine

M. H. Laiz, directeur de la métrologie, de la qualité et de l'environnement, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires.

Australie

M. P. Fisk, directeur et responsable de la métrologie, National Measurement Institute, Australia (NMIA), Department of Innovation, Industry, Science and Research, Lindfield.

Mme C. McLaughlin, conseillère Éducation et science, ambassade d'Australie, Paris.

Autriche

M. G. Freistetter, ministère de la Science, de la recherche et de la technologie, Vienne.

M. R. Edelmaier, directeur, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), Vienne.

Belgique

M. H. Pirée, conseiller responsable du service Étalons Nationaux au sein de la division Métrologie, Service public fédéral Économie, PME, Classes moyennes et Énergie, Direction générale de la Qualité et Sécurité, Bruxelles.

Brésil

M. H. Siqueira Brandi*, directeur de la Métrologie scientifique et industrielle, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), Rio de Janeiro.

M. C.A. Aragão de Carvalho Filho, directeur de l'Innovation et de la Technologie, INMETRO.

Bulgarie

M. D.K. Stankov, président, Bulgarian Institute of Metrology (BIM), Sofia.

M. S.T. Nedialkov, directeur général, DG "National Center of Metrology", BIM.

Canada

M. A. Steele, métrologue en chef du Canada et gestionnaire principal du portefeuille Sciences des mesures et étalons, Conseil national de recherches du Canada (CNRC), Ottawa.

Mme G. Macdonald, directrice du groupe de Métrologie pour les infrastructures de qualité, responsable du programme de soutien scientifique pour les systèmes nationaux des mesures, CNRC.

Chili

Non représenté.

Chine

M. Qinghai Wu, vice-ministre, Bureau d'État de la supervision de la qualité, de l'inspection et de la quarantaine (AQSIQ), Beijing.

M. Jianping Han, directeur général adjoint, département de la coopération internationale, AQSIQ.

M. Yiqun Zhang, directeur général adjoint, département de la métrologie, AQSIQ.

M. Xiaobang Kong, fonctionnaire, département des affaires générales, AQSIQ.

Mme Chunjing Zheng, directrice, département de la coopération internationale, AQSIQ.

Mme Huaxin Zheng, directrice adjointe, département de la métrologie, AQSIQ.

M. Xiang Fang, directeur, National Institute of Metrology (NIM), Beijing.

Mme Wei Gao, directrice, département de la gestion recherche et développement et de la coopération internationale, NIM.

M. Yuning Duan*, sous-directeur, NIM.

Colombie

M. J.E. Viveros Cuasquer, directeur, Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM Colombia), Bogotá.

Croatie

M. D. Zvizdic, directeur, Croatian Metrology Institute (HMI), Zagreb.

Danemark

M. M. Kjær, directeur, Danish Fundamental Metrology (DFM), Lyngby.

Mme K. Rud Michaelsen, coordinatrice des activités métrologiques, Danish Safety Technology Authority, Esbjerg.

Égypte

M. H. Afifi, président en exercice, National Institute of Standards (NIS), Le Caire.

M. A. B. Shehata, professeur de chimie organique et matériaux de référence, NIS.

Mme H. M. Abdelmegeed Mosaad, laboratoire d'électricité, NIS.

Espagne

M. J.Á. Robles Carbonell, directeur de la division scientifique et des relations institutionnelles, Centro Español de Metrología (CEM), Madrid.

M. E. Prieto Esteban, chef du Département de longueur, CEM.

États-Unis d’Amérique

M. W.E. May*, directeur, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg.

M. J. Olthoff, directeur par interim, Physical Measurement Laboratory, NIST.

M. E. Brown, chargé d’affaires étrangères, Bureau of International Organization Affairs, Department of State, Washington D.C.

Mme C.M. Saundry, directrice, Office of International and Academic Affairs, NIST.

Fédération de Russie

M. F. Bulygin, vice-président, Federal Agency for Technical Regulating and Metrology (Rosstandart), Moscou.

M. S. Golubev, directeur, département de la métrologie, Rosstandart.

M. S. Donchenko, directeur général, All-Russian Scientific Research Institute of Physical Technical Measurements, Rosstandart.

Finlande

M. H. Isotalo, directeur de la métrologie, Centre for Metrology and Accreditation (MIKES), Espoo.

M. T. Hirvi, directeur général, MIKES.

France

Mme C. Lagauterie, chef du Bureau de la métrologie, ministère de l’Économie, de l’industrie et du numérique, Paris

Mme L. Evrard, sous-directrice de la normalisation, de la réglementation des produits et de la métrologie, Ministère de l’économie, de l’industrie et du numérique, Paris.

M. J.-L. Laurent, directeur général, Laboratoire national de métrologie et d’essais (LNE), Paris.

Mme M. Chambon, directrice de la recherche scientifique et technologique, LNE.

M. L. Énard*, conseiller scientifique et technique, LNE.

M. Y. Le Roux, chef du pôle des échanges scientifiques et recherche pour le développement, ministère des Affaires étrangères et du développement international, Paris.

M. N. Jorda, gestionnaire à la sous-direction des affaires économiques et budgétaires, ministère des Affaires étrangères et du développement international, Paris.

Grèce

Non représentée.

Hongrie

M. F. Mónus, directeur en charge de l'autorité pour la métrologie, Hungarian Trade Licensing Office (MKEH), Budapest.

Inde

Non représentée, excusée.

Indonésie

M. Surprapto, vice-président pour la mise en œuvre des normes et l'accréditation, agence nationale de normalisation de l'Indonésie (BSN), Jakarta.

Mme P. Winarni, première secrétaire, BSN.

M. M. Pinandito, directeur du laboratoire national de métrologie de l'Indonésie (Puslit KIM-LIPI), responsable du centre de recherche et développement en métrologie, Serpong.

M. Purwowibowo, directeur du laboratoire de métrologie électro-optique, Puslit KIM-LIPI.

Mme N. Hindratmo, troisième secrétaire, ambassade de l'Indonésie, Paris.

Irak

Non représenté, excusé.

Iran

M. B. Azarsa, ambassade de la République islamique d'Iran, Paris.

M. M. Razavizadegan.

Irlande

Non représentée, excusée.

Israël

Non représenté, excusé.

Italie

M. M. Inguscio, président, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), Turin.

M. P. de Felice, directeur, Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente -Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (ENEA-INMRI), Rome.

Mme A. Signore, dirigeante auprès du ministère du Développement économique, Direction générale pour le marché, la concurrence, la consommation et les normes techniques, Rome.

M. A. Sacconi*.

Japon

M. Y. Miki, vice-président, National Institute of Advanced and Industrial Science (AIST), directeur, National Metrology Institute of Japan (NMIJ), Tsukuba.

M. T. Usuda*, directeur, Metrology Management Center, NMIJ/AIST.

M. H. Kato, responsable du bureau de la coopération internationale en métrologie, Metrology Management Center, NMIJ/AIST.

M. N. Tashiro, directeur adjoint, bureau de la politique en métrologie, ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI), Tokyo.

M. I. Ikeda, premier secrétaire, affaires scientifiques, ambassade du Japon, Paris.

Kazakhstan

Non représenté, excusé.

Kenya

M. D. N. Moturi, directeur faisant fonction, Kenya Bureau of Standards (KEBS), Nairobi.

Malaisie

M. O. Zakaria, directeur, National Metrology Laboratory, SIRIM Berhad (NML-SIRIM), Sepang, Selangor.

Mexique

M. R. Anaya Moreno, sous-secrétaire aux normes, ministère de l'Administration publique, Mexico.

M. H.O. Nava Jaimes*, directeur général, Centro Nacional de Metrología (CENAM), Querétaro.

M. I.A. Castelazo Sinencio, directeur des services technologiques, CENAM.

Norvège

Mme E. Stokstad, directrice générale, Norwegian Metrology Service, Justervesenet (JV), Kjeller.

M. H.A. Frøystein, directeur général adjoint, JV.

Nouvelle-Zélande

M. T. Armstrong, directeur, Measurement Standards Laboratory of New Zealand (MSL), Lower Hutt.

Pakistan

Non représenté.

Pays-Bas

Mme A. van Spronsen, haut fonctionnaire, ministère des Affaires économiques, de l'agriculture et de l'innovation, La Haye.

M. A. Dalhuijsen, directeur général, VSL, Delft.

M. R. Kaarls*, secrétaire du CIPM.

M. G. Rietveld, scientifique senior, VSL

Pologne

Mme J. Popowska, présidente, Central Office of Measures/Główny Urząd Miar (GUM), Varsovie.

M. M. Dobieszewski, chef de la division Loi technique, département de la régulation économique, ministère de l'Économie, Varsovie.

M. Z. Ramotowski, directeur du département Longueur et angle, GUM.

M. K. Markiewicz, directeur de cabinet de la présidente, GUM.

Portugal

Mme M.E. Filipe, directrice du département Métrologie, Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica.

République de Corée

M. D.-I. Kang*, président, Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS), Daejeon.

M. Seung Nam Park, directeur, division de la métrologie en physique, KRISS.

M. Sang-Ryoul Park, directeur, division de la métrologie pour la qualité de la vie, KRISS.

M. Jookeun Park, directeur, bureau des partenariats, KRISS.

M. Kangyoung Sung, gestionnaire principal des projets de partenariat global, KRISS.

République dominicaine

Non représentée.

République tchèque

M. V. Pokorny, président, Czech Office for Standards, Metrology and Testing (UNMZ), Prague.

M. J. Tesar, directeur, division pour la métrologie fondamentale, Czech Metrology Institute (CMI), Brno.

Roumanie

Mme M. Buzoianu, directrice scientifique, Institutul National de Metrologie (INM), Bucarest.

M. F. Iacobescu, directeur général, Romanian Bureau of Legal Metrology (BRML), Bucarest.

Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord

M. M. Holmes, directeur adjoint, Innovation for Infrastructure, Department for Business, Innovation and Skills (BIS), Teddington.

M. B. Bowsher*, directeur général, National Physical Laboratory (NPL), Teddington.

M. M. Sené, directeur adjoint, NPL.

M. G. Sims, responsable de la science, NPL. Président du Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS).

Serbie

Mme V. Živković, directrice, Directorate of Measures and Precious Metals (DMDM), Belgrade.

Singapour

M. T. Liew, directeur exécutif, Agency for Science, Technology and Research (A*STAR), Singapour.

Slovaquie

M. A. Gonda, directeur général, Slovak Institute of Metrology/Slovenský Metrologický Ústav (SMU), Bratislava.

M. A. Érsek, directeur du département métrologie, SMU.

M. Z. Schreier, directeur du département de la métrologie, Slovak Office of Standards, Metrology and Testing/Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Bratislava.

Suède

M. P. Åslund, chef de projet, Vinnova, Swedish Government Agency for Innovation Systems, Ministry of Enterprise, Stockholm

M. H. Nilsson, directeur de département, Technical Research Institute of Sweden (SP), Borås.

Suisse

M. C. Bock, directeur, Institut fédéral de métrologie (METAS), Bern-Wabern.

M. P. Richard, sous-directeur, METAS.

Thaïlande

M. P. Shiwattana, directeur, National Institute of Metrology (Thailand) (NIMT), Pathumthani.

Tunisie

M. J. El Fehem, directeur général, Agence nationale de métrologie (ANM), Tunis.

Mme S. Bouaziz, directrice de la métrologie industrielle et scientifique, ANM.

M. H. Aloui, Laboratoire de métrologie du ministère de la Défense Nationale (DEF-NAT), Tunis.

Turquie

M. N. Camuşcu, directeur général par intérim pour la métrologie et la normalisation, ministère de la Science, l'Industrie et la Technologie, Ankara.

M. M. Cetintas, directeur par intérim, National Metrology Institute of Turkey (UME), Gebze-Kocaeli.

M. M. Yeldirimer, expert de l'industrie et de la technologie, direction générale pour la métrologie et la standardisation, ministère de la Science, l'Industrie et la Technologie.

Uruguay

Mme C. Santo, directrice de la métrologie scientifique, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Montevideo.

Mme M.-F. Garcia, conseillère, ambassade d'Uruguay, Paris.

Venezuela (République bolivarienne du)

Non représentée.

États et entités économiques associés à la Conférence générale

Albanie

Non représentée.

Bangladesh

Non représenté.

Bélarus

M. P. Yakauleu, directeur, Vitebsk Center for Standardization, Metrology and Certification of the Republic of Belarus, Minsk.

M. N. Zhagora, directeur, Belarusian State Institute of Metrology, Minsk.

Mme Y. Vasilenka, spécialiste de premier plan, département de la coopération internationale, State Committee for Standardization of the Republic of Belarus (Gosstandart), Minsk.

Bolivie (État plurinational de)

Non représenté.

Bosnie-Herzégovine

M. Z. Džemić, directeur, Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina (IMBIH), Sarajevo.

Botswana

Non représenté.

CARICOM

Mme D. Lalla-Rodrigues, directrice, Antigua and Barbuda Bureau of Standards (ABBS), St John's.

Costa Rica

Non représenté.

Cuba

Non représenté.

Équateur

Non représenté.

Estonie

Non représentée.

Ex-République yougoslave de Macédoine

Non représentée.

Géorgie

M. D. Tqemaladze, directeur général, Georgian National Agency for Standards and Metrology (GEOSTM), Tbilisi.

Mme N. Mikanadze, GEOSTM.

Ghana

M. P. Date, directeur, métrologie scientifique, Ghana Standards Authority (GSA), Accra.

M. R. K. Dollah, directeur, métrologie industrielle (GSA).

Hong Kong, Chine

M. Dennis WK Lee, directeur, the Government of the Hong Kong Special Administrative Region Standards and Calibration Laboratory (SCL), Wanchai.

M. Chau-ming Lau, responsable, Government Chemist, the Government of the Hong Kong Special Administrative Region Government Laboratory (GLHK), Kowloon.

Jamaïque

Non représentée.

Lettonie

Non représentée.

Lituanie

M. G. Valušis, directeur, Center for Physical Sciences and Technology (FTMC).

M. E. Naujalis, département métrologie, FTMC.

M. V. Gričius, directeur, division de la politique industrielle, ministère de l'Économie, Vilnius.

Luxembourg

M. P. Kadok, directeur, Bureau luxembourgeois de métrologie de l'Institut luxembourgeois de la normalisation, de l'accréditation, de la sécurité et qualité des produits et services (ILNAS), Luxembourg.

Malte

Non représenté.

Maurice

Non représenté.

Mongolie

Non représentée.

Monténégro

Mme V. Asanovic, directrice, Bureau of Metrology (BMM), Podgorica.

M. G. Vukoslavovic, directeur adjoint, BMM.

Namibie

Mme M. Pogisho, directrice du Commerce par intérim, ministère du Commerce et de l'industrie, Windhoek.

M. R. Ali Kaakunga, président directeur général, Namibian Standards Institution (NSI), Windhoek.

Mme C. Hinda, directrice générale, régulation et protection des consommateurs, NSI.

M. V. Mundembe, directeur de la métrologie, NSI.

Oman

M. S. N. Al-Khusaibi, directeur général des organisations et des relations commerciales, Mascot.

Panama

Non représenté.

Paraguay

Non représenté.

Pérou

M. J.A. Dajes Castro, chef du service national de métrologie, Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección (INDECOPI), San Borja.

Philippines

Non représentées.

République arabe syrienne

Non représentée.

République de Moldova

M. O. Serebrian, ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire de la République de Moldova, Paris.

M. V. Dragancea, directeur général du laboratoire national de métrologie, ministère de l'Économie.

Seychelles

Non représentés.

Slovénie

M. S. Kopač, directeur, Ministry of Higher Education, Science and Technology, Metrology Institute (MIRS), Celje.

Soudan

M. Omer Ahmed Ibrahim, directeur, Sudanese Standards and Metrology Organization (SSMO), Khartoum.

M. Ahmed Ali Hassan Elzain, SSMO.

Sri Lanka

Non représenté.

Taipei chinois

M. Ming-Jong Liou, directeur général, Bureau of Standards, Metrology and Inspection, ministère des Affaires économiques, Hsinchu.

M. Bo-Chang Su, chef de section, quatrième division, Bureau of Standards, Metrology and Inspection, ministère des Affaires économiques.

M. Jia-Rey Duann, directeur général CMS, Institut de recherche de la technologie industrielle, Center for Measurement Standards (CMS), Hsinchu.

M. Yu-Ping Lan, directeur, CMS.

M. Chi-Sheng Chang, directeur, CMS.

M. Christopher Lai, directeur, service économique et commercial, Bureau de Représentation de Taipei en France, Paris.

Mme Yu-Ling Liu, secrétaire économique et commercial, Bureau de Représentation de Taipei en France, Paris.

Ukraine

M. O. Hilenko, directeur adjoint, Department of Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine.

M. P. Neyezhnikov, premier directeur-général adjoint sur le travail scientifique, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kiev.

M. I. Kuzmenko, directeur général adjoint pour la métrologie et la recherche scientifique, SE "Ukrmetrteststandard".

M. S. Pronenko, chef du secteur du développement du système métrologique, SE "Ukrmetrteststandard".

Viet Nam

M. Ngo Quy Viet, directeur général, Directorate for Standards, Metrology and Quality (STAMEQ), Hanoi.

M. Khanh Xuan Vu, directeur, Vietnam Metrology Institute -Directorate for Standards and Quality (VMI-STAMEQ), Hanoi.

Yémen

M. Walid Othman, directeur général, Yemen Standardization, Metrology and Quality Control Organization (YSMO), Sana'a.

M. Abdalrahman Alhimy.

M. Mohammed Dabwan, traducteur.

M. Khalil Al-Hubaishi, attaché économique, ambassade du Yémen, Paris.

Zambie

Non représentée, excusée.

Zimbabwe

M. R. Mafoti, président-directeur général, Scientific & Industrial Research & Development Centre (SIRDC), Harare.

M. M. Ranganai, directeur de la recherche, SIRDC.

Ont assisté à la Conférence

M. B.D. Inglis*, président du CIPM.

M. J.W. McLaren*, vice-président du CIPM.

M. M. Milton, directeur, Bureau international des poids et mesures (BIPM), Sèvres.

Les représentants des organisations intergouvernementales et organismes internationaux suivants :

Agence spatiale européenne (ESA) : M. P. Waller.

International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) : M. E. Oehlenschläger[§].

Commission européenne, Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) :
Mme E. Anklam, directrice, et M. H. Emons, chef de l'unité des matériaux de référence.

Organisation internationale de normalisation (ISO) : M. R. Steele[§], Secrétaire général.

Organisation internationale de métrologie légale (OIML) : M. W. Kool[§], Bureau international de métrologie légale (BIML).

Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS) : M. G. Sims, président.

Les intervenants invités suivants :

M. J. Butler, directeur, division du suivi mondial, Laboratoire de recherche sur le système terrestre de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), Boulder, États-Unis d'Amérique.

Mme J. Doherty, directrice principale, division sur les mesures sanitaires et phytosanitaires et l'agriculture, Bureau du Représentant américain au commerce (USTR), Washington DC, États-Unis d'Amérique.

M. C. Salomon, directeur de recherche au laboratoire Kastler Brossel (CNRS/LKB), Paris, France.

Les représentants de l'Azerbaïdjan invités en tant qu'observateurs :

M. O. Abbasov et M. R. Hasanov.

Quelques membres du personnel du BIPM.

[§] Également invité en tant qu'intervenant.

**Comptes rendus de la 25^e réunion
de la Conférence générale
des poids et mesures
18-20 novembre 2014**

Ordre du jour

Première séance – 18 novembre 2014

- 1 Présentation des titres accréditant les délégués
- 2 Ouverture de la réunion de la CGPM par M. le président de l'Académie des sciences, président de la CGPM
- 3 Discours d'ouverture du représentant de Son Excellence M. le Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique de la République française
- 4 Réponse de M. le président du Comité international des poids et mesures
- 5 Nomination du secrétaire de la CGPM
- 6 Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter
- 7 Approbation de l'ordre du jour
- 8 Rapport du président du CIPM sur les travaux accomplis depuis la 24^e réunion de la CGPM
- 9 Compte rendu du directeur du BIPM sur les principales réalisations du BIPM
- 10 Rapport du président du CCU
- 11 Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI (Projet de résolution A)
- 12 Rapport du président du CCM
- 13 Rapport du président du CCEM

Deuxième séance – 18 novembre 2014

- 14 « La mesure du temps » (*C. Salomon, CNRS/LKB*)
- 15 Rapport du président du CCL
- 16 Rapport du président du CCTF
- 17 Rapport sur les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux
- 18 Rapport de l'Organisation internationale de métrologie légale, OIML (*W. Kool, BIML*)
- 19 « Métrologie et normalisation, les avantages de liens resserrés » (*R. Steele, ISO*)
- 20 « Métrologie et accréditation, les avantages de liens resserrés » (*E. Oehlenschlaeger, ILAC*)
- 21 Rapport du président du CCPR
- 22 Rapport du président du CCT
- 23 Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM

Troisième séance – 19 novembre 2014

- 24 Une stratégie à long terme pour le BIPM
- 25 Programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019
- 26 « Construire une métrologie internationale : un défi pour les pays émergents » (*N. Mukhufhi, NMISA*)
- 27 Proposition pour un « Programme de visiteurs du BIPM pour les années 2016 à 2019 »
- 28 Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM (Projet de résolution C)
- 29 Dotation du BIPM pour les années 2016 à 2019 (Projet de résolution D)

Quatrième séance – 19 novembre 2014

- 30 Sur l'élection du Comité international des poids et mesures (Projet de résolution B)
- 31 Procédure proposée pour élire la « Commission pour l'élection du CIPM »

Cinquième séance – 20 novembre 2014

- 32 Rapport du Groupe de travail sur la dotation du BIPM
- 33 « Des mesures exactes et stables pour déterminer les causes du changement climatique à l'échelle mondiale » (*J. Butler, NOAA*)
- 34 « Le contexte mondial de la sécurité alimentaire » (*J. Doherty, USTR*)
- 35 Rapport du président du CCQM
- 36 Rapport du président du CCRI
- 37 Rapport du président du CCAUV
- 38 Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (Projet de résolution E)
- 39 Présentation de la procédure de scrutin pour l'élection du CIPM

Sixième séance – 20 novembre 2014

- 40 Autres résolutions soumises par les délégués
- 41 Accord sur les textes définitifs et vote des résolutions
- 42 Élection du CIPM
- 43 Élection de la Commission pour l'élection du CIPM
- 44 Questions diverses
- 45 Clôture de la réunion

Première séance – 18 novembre 2014 (matin)

1. Présentation des titres accréditant les délégués

Comme requis dans la Convocation à la 25^e réunion (2014) de la Conférence générale des poids et mesures (ci-après CGPM ou Conférence générale), les délégués ont dû présenter les titres d'accréditation remis par leur Gouvernement ou autorité concernée.

2. Ouverture de la réunion de la CGPM par M. le président de l'Académie des sciences, président de la CGPM

Le Professeur P. Taquet, président de l'Académie des sciences de Paris, président de l'Institut de France et président de la CGPM, ouvre la première séance de la 25^e réunion de la CGPM le 18 novembre 2014. Il prononce le discours suivant :

« Monsieur l'adjoint au directeur général, Monsieur le président du CIPM, Monsieur le directeur du BIPM, Mesdames et Messieurs les Délégués, chers collègues,

En tant que président de l'Académie des sciences et président de l'Institut de France, c'est un grand privilège et un immense plaisir pour moi de vous accueillir aujourd'hui à Versailles pour la 25^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures.

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM), organisation intergouvernementale très efficace créée par la Convention du Mètre, est en charge de la préparation de cette Conférence et a pour mission d'assurer et de promouvoir la comparabilité mondiale des mesures, en fournissant notamment un système international d'unités cohérent.

Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les mesures utilisées par les différentes sociétés humaines étaient d'une extrême diversité. Des mesures de même nature et de valeurs voisines avaient des appellations différentes selon les pays, selon les provinces, selon les villes et même selon les villages.

Les mesures de longueur et de poids étaient diverses : ainsi à Paris on pouvait pour des mesures de longueur utiliser le point (0,19 mm), la ligne comptant douze points (2,26 mm), le pouce comptant douze lignes (27 mm), le pied de roi comptant douze pouces (325 mm) et la toise correspondant à 6 pieds (1,949 m) ; pour les étoffes, on utilisait d'autres mesures : l'aune (1,188 m), puis les perches (de 5,85 m à 7,15 m) et enfin la lieue (4,45 km).

Pour les poids, on utilisait le grain (53 mg), le denier comptant 24 grains (1,27 g), le gros comptant 3 deniers (3,82 g), l'once comptant 8 gros (30,6 g), le marc comptant 8 onces (244,75 g).

En Europe, au XVIII^e siècle, le pied avait des valeurs différentes d'un pays à l'autre. Leurs dimensions changeaient selon que l'on se trouvait à Bruxelles, Liège, Cologne, Venise ou Copenhague, en Hollande, en Angleterre ou en Espagne, en Suède ou en Bohême, en Suisse ou

en Saxe, en Bavière ou en Autriche. Le pied du Roi de Paris mesurait 325 mm. Les plus petits pieds étaient ceux de Bruxelles et de Cologne (276,25 mm) ! D'autres comme les pieds anglais et les pieds suisses mesuraient près de 300 mm et les plus grands pieds étaient ceux de Venise (347,75 mm) et surtout les pieds russes (354,25 mm) !

Lors de la Révolution française, l'Assemblée nationale adopta le 8 mai 1790 le principe de l'uniformisation ; afin d'unifier les mesures, il fut proposé de définir une unité naturelle, fondée soit sur la longueur du pendule battant la seconde à la latitude de 45 degrés, soit sur la longueur d'une fraction de méridien.

Dans le même temps, l'Assemblée nationale pria le Roi (qui était alors encore vivant) de demander au Roi d'Angleterre d'inviter le Parlement de ce pays à concourir avec l'Assemblée nationale de France, afin que des commissaires de l'Académie des Sciences de Paris puissent se réunir en nombre égal avec des membres de la Royal Society de Londres pour déterminer la longueur du pendule, et en déduire un modèle invariable. Mais cette proposition n'eut pas de suite et la guerre vint interrompre momentanément le processus.

Par le décret du 26 mars 1791, sur proposition de l'Académie des Sciences, l'Assemblée nationale, considérant que « pour parvenir à établir l'uniformité des poids et mesures, il est nécessaire de fixer une unité de mesure naturelle et invariable, et que le seul moyen d'étendre cette uniformité aux nations étrangères et de les engager à convenir d'un système de mesure, est de choisir une unité qui ne renferme rien d'arbitraire ni de particulier à la situation d'aucun peuple sur le globe... adopte la grandeur du quart du méridien terrestre pour base du nouveau système de mesures ; les opérations nécessaires pour déterminer cette base, notamment la mesure d'un arc de méridien depuis Dunkerque jusqu'à Barcelone, seront incessamment exécutées ».

La mesure fut confiée aux astronomes Delambre et Méchain. L'opération durera de juin 1792 à la fin de 1798.

Le 1^{er} août 1793 fut aussi adopté le principe de la division décimale. Le calcul décimal se substitua aux complications dues à l'usage des nombres fractionnaires.

En avril et mai 1799, les étalons définitifs furent établis à la suite du rapport du Hollandais Van Swinden d'après les travaux de Méchain et Delambre ; le mètre fut fixé à une longueur de 3 pieds 11,296 lignes de la Toise de l'Académie des Sciences. De même à la suite du rapport du Suisse Trallès, et d'après les mesures de Lefèvre-Gineau et de l'italien Fabbroni, le kilogramme fut fixé d'après le poids de 18827,15 grains du marc moyen de la Pile de Charlemagne.

Le 22 juin 1799, une délégation de l'Institut national des Sciences et des Arts qui avait succédé à l'Académie royale des Sciences supprimée par les révolutionnaires, présenta au Conseil des Cinq Cents et au Conseil des Anciens (le corps législatif) les étalons prototypes du mètre et du kilogramme ; le procès-verbal de cette présentation était signé de 15 savants dont neuf délégués d'États étrangers.

Ainsi, depuis cette date, un système généralisé d'unités de mesures s'est peu à peu développé à travers le monde et a été adopté par un nombre croissant de pays. Cela n'a pas été sans difficultés techniques, politiques ou sociétales. En 1840, Le caricaturiste français Daumier dessinait, dans le journal *Le Charivari* du 11 février, une dame revenant du marché où elle s'était rendue pour acheter quatre onces de beurre. Cette dame expliquait à son amie qu'il avait été inventé une nouvelle unité de poids. Elle n'y comprenait plus rien et ne savait pas s'il fallait acheter désormais le beurre en grammes, en filigrammes ou en programmes ! De même un dessin publié en 1986 dans un journal aux États-Unis montre une petite fille rentrant de l'école et disant à sa mère : « We're studying today the metric system in school: I weigh 24 kilometers Celsius ! ».

En 1875, par la Convention du mètre, un Bureau International des poids et mesures scientifique permanent fut créé par 17 nations signataires, et le choix du siège du BIPM fut fixé à Paris et s'est porté sur le Pavillon de Breteuil dans le Parc de Saint Cloud où il se trouve toujours. Le BIPM fonctionne sous la direction et la surveillance d'un Comité international des poids et mesures, placé lui-même sous l'autorité d'une Conférence générale des poids et mesures formée des délégués de tous les gouvernements contractants. L'article 4 de cette Convention stipule que la présidence de la Conférence générale des poids et mesures est attribuée au Président en exercice de l'Académie des Sciences et c'est la raison de ma présence aujourd'hui parmi vous.

Je dois vous avouer très franchement que je ne suis spécialiste ni du mètre, ni de l'ampère, ni de la candela, ni du kelvin, ni de la mole, ni du kilogramme. Je suis paléontologue des vertébrés, spécialiste des dinosaures ; je suis donc intéressé par le temps mais mon unité de référence n'est pas la seconde mais le million d'années !

Aujourd'hui avec 56 pays membres et 41 pays associés, le BIPM est une organisation qui est un parfait et magnifique exemple d'une œuvre de paix. Elle symbolise à elle seule ce que les hommes sont capables de réaliser pour autant qu'ils unissent leurs volontés, leurs savoirs, leurs talents, et leurs moyens. Le BIPM a été un précurseur.

Parmi les œuvres de paix plus récentes, on peut citer aussi en exemple le CERN. En 1954, 21 pays européens ont décidé de créer un grand centre de recherche en physique des particules, le CERN, qui cherche à comprendre les constituants et les lois de l'Univers. Il rassemble aujourd'hui 10 500 scientifiques de plus de 110 pays, qui innovent et repoussent les frontières de la connaissance, qui développent de nouvelles technologies pour les accélérateurs et les détecteurs, qui sont à l'origine de la création de la toile (du Web). C'est aujourd'hui le plus grand instrument scientifique du monde qui accueille en ses murs des chercheurs de toutes nations et de toutes cultures avec des résultats remarquables et une réussite exceptionnelle.

Vous avez la tâche exaltante et la responsabilité importante de travailler dans les jours qui viennent à la définition d'un nouveau système d'unités à partir de nouvelles définitions grâce aux progrès de la science et de la technologie.

Alors que sur notre planète les hommes de nombreux pays sont confrontés à des difficultés de toute nature, alors qu'ils s'efforcent souvent avec succès de relever des défis multiples et variés, comme dans les domaines des ressources alimentaires, de l'accès à l'énergie, de la santé, de la prévention contre les risques naturels, du développement durable, il est heureux de voir tant de pays représentés aujourd'hui dans un même lieu travailler à la définition et à l'unification des unités dont ils se servent afin de concourir et de faciliter les découvertes scientifiques et l'innovation, la production industrielle et le commerce international, la préservation de la qualité de vie et de l'environnement.

Je vous souhaite d'excellentes discussions, de fructueux échanges et beaucoup de réussite dans vos travaux. »

3. **Discours d'ouverture du représentant de Son Excellence M. le Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique de la République française**

M. Gallezot, adjoint au directeur général, Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services, Ministère de l'économie, de l'industrie et du numérique de la République française, prononce l'allocution suivante au nom du Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique :

« Monsieur le président de l'Institut, Monsieur le président du Comité international des poids et mesures, Monsieur le directeur du Bureau international des poids et mesures, Mesdames et Messieurs les délégués, Mesdames, Messieurs,

Monsieur Emmanuel Macron, Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique, m'a demandé de le représenter aujourd'hui car il ne peut malheureusement pas être parmi nous ce matin. En son nom et au nom du gouvernement de la République française, j'ai grand honneur et le plaisir d'ouvrir la 25^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures ici à Versailles.

Versailles est connue dans le monde entier pour être la ville du Roi Soleil, Louis XIV, mais c'est aussi ici, et c'est beaucoup moins connu, que les événements fondateurs de la Révolution française ont eu lieu en 1789. C'est ici que les députés du Tiers État, rejoints par quelques députés du clergé et de la noblesse, se sont érigés en Assemblée nationale, affirmant ainsi la souveraineté du peuple. C'est ici que cette même Assemblée a adopté des textes aussi fondamentaux que l'abolition des privilèges et des droits féodaux ou la Déclaration des Droits de l'Homme et du Citoyen. Or, comme vous l'avez rappelé brillamment, Monsieur le président de l'Institut, la Révolution française a légué à la France mais aussi à l'Humanité toute entière une œuvre majeure d'unification des poids et mesures et de définition du mètre et du kilogramme. Cette œuvre, votre Conférence générale en est l'héritière. La France a ainsi l'honneur d'être depuis près de 140 ans le dépositaire de la Convention du Mètre signée à Paris par dix-sept États pour établir une autorité mondiale dans le domaine de la métrologie.

La tâche principale du Bureau international des poids et mesures était à l'origine la conservation des étalons du mètre et du kilogramme mais elle n'a cessé d'évoluer avec l'accroissement des échanges, le développement des sciences et techniques, et l'émergence des enjeux globaux. La 24^e Conférence a ouvert en 2011 le chantier indispensable de modernisation de la gouvernance du Bureau international des poids et mesures ainsi que l'adaptation de son rôle, de ses missions et de ses objectifs. Il s'agissait en particulier de mieux intégrer ses travaux avec ceux des organisations régionales de métrologie et des laboratoires nationaux afin d'élaborer et mettre en œuvre un programme de travail global et une stratégie à long terme. Ce travail s'est poursuivi pendant les trois dernières années et l'approbation des Résolutions correspondantes sera une tâche importante de votre Conférence. Avec ce cadre organisationnel et structurel refondu, les acteurs internationaux de la métrologie doivent œuvrer collectivement à fournir des réponses aux besoins que les évolutions rapides de la société font naître. L'évolution de la métrologie a en effet été à chaque époque indissociable du développement de la science et de l'économie. Il nous faut donc poursuivre les travaux de coopération et soutenir cette vision d'une métrologie internationale qui accompagne les innovations et les échanges internationaux. La mise en œuvre depuis quinze ans de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, CIPM MRA, a été un grand succès grâce à l'application de toute la communauté des métrologues. De nouveaux domaines, tels que la chimie, la biologie, les nanotechnologies ou les technologies numériques, viennent renforcer le caractère structurant de cet Arrangement. Ce sont actuellement près de 25 000 aptitudes d'étalonnage et de mesurage qui sont enregistrées dans la base de données.

Compte tenu des investissements que cela représente pour les différents partenaires, il convient d'engager des réflexions visant à optimiser ce système tout en conservant la qualité de son contenu. Vos travaux définiront le cadre de ces réflexions.

Conjointement à ces développements, les fondamentaux de la métrologie ne doivent pas être oubliés. L'amélioration du Système international d'unités est fondamentale pour accompagner les avancées scientifiques et les enjeux technologiques. De nombreuses évolutions ont été apportées au Système international, comme l'ajout de la mole en 1971 pour la métrologie chimique, ou la modification de la définition du mètre avec la fixation de la valeur de la célérité de la lumière. Un premier pas vers des définitions plus universelles basées sur des constantes fondamentales a ainsi été engagé. Vous préparez actuellement un nouveau pas pour la communauté scientifique avec l'évolution de plusieurs unités du Système international basées sur d'autres constantes fondamentales de la physique et de la chimie : le kilogramme dont la définition pourrait être basée sur la constante de Planck, et à cet égard je voudrais souligner que la France se félicite de contribuer à cette évolution majeure au travers du projet « balance du watt » aux côtés des États-Unis, de la Suisse, du Canada et avec le Bureau international des poids et mesures ; le kelvin dont la définition pourrait être basée sur la constante de Boltzmann par la détermination de la mesure de la célérité de propagation du son dans un gaz rare et d'autres méthodes ; l'ampère dont la définition pourrait être basée sur la charge électrique élémentaire ; ou encore la mole dont la définition pourrait être basée sur la constante d'Avogadro. Un investissement de toute la communauté des métrologues sera nécessaire pour atteindre ce but dans les prochaines années. Il nécessitera aussi sans conteste de la pédagogie auprès du monde scientifique, du monde académique et du public en général compte tenu du changement radical des bases sur lesquelles certaines unités ont été jusqu'ici définies.

Le Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique que je représente aujourd'hui ne peut éviter de rappeler les contraintes financières fortes qui s'imposent aux États de nos jours. Il paraissait ainsi essentiel que le BIPM examine la stabilité à long terme et la maîtrise de ses coûts de fonctionnement. Je salue les démarches déjà entreprises et encourage à poursuivre les efforts en ce sens. Ils sont nécessaires pour que les États maintiennent un soutien financier adapté aux missions du Bureau international des poids et mesures et aux attentes de la communauté internationale.

De nouvelles pages de l'histoire des institutions des poids et mesures restent à écrire et, à cet égard, une réflexion très riche sur les orientations futures qui s'offrent au Bureau international a été animée par le Comité international. Elle fera l'objet au cours de cette Conférence générale de débats qui s'annoncent passionnants. Je suis convaincu que les Résolutions qui seront adoptées au cours de cette réunion de la Conférence générale des poids et mesures continueront à servir les intérêts de la communauté internationale dans ce même esprit qui animait ses fondateurs.

Je vous remercie et vous souhaite une très bonne 25^e Conférence générale des poids et mesures. »

M. Taquet, président de la CGPM, remercie M. Gallezot et déclare officiellement ouverte la 25^e réunion de la CGPM. Il invite M. Inglis, président du CIPM, à prendre la parole suite au discours prononcé par M. Gallezot.

4. Réponse de M. le président du Comité international des poids et mesures

M. Inglis, président du Comité international des poids et mesures (ci-après CIPM), remercie M. Gallezot de l'intervention qu'il a donnée au nom de Son Excellence M. le Ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique. Il remercie le Ministre pour ses commentaires avisés sur l'importance de la métrologie dans le développement de la société, de l'innovation et de l'industrie. Le rôle que la France a joué dans l'établissement de la Convention du Mètre et en tant que fer de lance de la métrologie internationale est reconnu et très apprécié dans le monde entier. M. Inglis prend note des conseils et encouragements du Ministre concernant les questions financières et reconnaît les contraintes budgétaires que rencontrent les États Membres. Le BIPM et le CIPM tiendront compte des recommandations du Ministre et continueront à identifier comment accroître l'efficacité et réaliser des économies en élaborant et en exécutant des programmes de travail qui ont pour objectif l'intérêt des États Membres. Il remercie le Ministre pour ses observations très intéressantes et conclut en remerciant de nouveau M. Gallezot pour son discours.

5. Nomination du secrétaire de la CGPM

Le président de la CGPM propose que M. Kaarls, secrétaire du CIPM, soit nommé secrétaire de la CGPM. M. Kaarls est élu secrétaire de la CGPM par consensus.

6. Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter

En tant que secrétaire de la CGPM, M. Kaarls souhaite la bienvenue aux délégués des États Membres participant à la 25^e réunion de la CGPM. Après avoir examiné les titres accréditant les délégués, il procède à l'établissement de la liste, par État, des délégués chargés du vote au nom de leur Gouvernement, et demande à chaque chef de délégation de confirmer la présence de la délégation. Cette liste, par ordre alphabétique, s'établit comme suit :

Afrique du Sud	N. Mukhufhi
Allemagne	F. Weritz
Arabie saoudite	A. Al Gossair
Argentine	H. Laiz
Australie	P. Fisk
Autriche	G. Freistetter
Belgique	H. Pirée
Brésil	H. Brandi

Bulgarie	D. Stankov
Canada	A. Steele
Chine	Q. Wu
Colombie ¹	J. Viveros Cuasquer
Croatie	D. Zvizdic
Danemark	M. Kjær
Égypte	H. Afifi
Espagne	J.A. Robles Carbonell
États-Unis d'Amérique	W. May
Fédération de Russie	F. Bulygin
Finlande	H. Isotalo
France	C. Lagauterie
Hongrie	F. Mónus
Indonésie	M. Suprpto
Iran ¹	B. Azarsa
Italie	M. Inguscio
Japon	Y. Miki
Kenya	D. Moturi
Malaisie	O. Zakaria
Mexique	R. Anaya Moreno
Norvège	E. Stokstad
Nouvelle-Zélande	T. Armstrong
Pays-Bas	A. van Spronsen
Pologne	J. Popowska
Portugal	M. Filipe
République de Corée	M. Kang
République tchèque	V. Pokorny
Roumanie	M. Buzoianu
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	M. Holmes
Serbie	V. Živković
Singapour	T. Liew
Slovaquie	A. Gonda

¹ Les délégations de la Colombie, de l'Iran et de l'Uruguay sont arrivées au cours de la première séance.

Suède	P. Åslund
Suisse	C. Bock
Thaïlande	P. Shiwattana
Tunisie	J. El Fehem
Turquie	N. Camuşcu
Uruguay ¹	C. Santo

Sur les 56 États Membres, 46 sont représentés. La majorité absolue requise pour le vote des Résolutions est donc de 24.

M. Kaarls souhaite également la bienvenue aux représentants de 20 des 41 États et entités économiques associés à la CGPM et donne lecture de la liste des Associés représentés, par ordre alphabétique : Belarus, Bosnie-Herzégovine, CARICOM, Géorgie, Ghana, Hong Kong (Chine), Lituanie, Luxembourg, Monténégro, Namibie, Oman, Pérou, Moldova, Slovénie, Soudan, Taipei chinois, Ukraine, Viet Nam, Yémen et Zimbabwe.

Il souhaite par ailleurs la bienvenue aux représentants des organisations intergouvernementales et organismes internationaux suivants :

- International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC),
- Organisation internationale de métrologie légale (OIML),
- Organisation internationale de normalisation (ISO),
- Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS),
- Institute for Reference Materials and Measurements, Commission européenne (IRMM),
- Agence spatiale européenne (ESA).

Étant donné que la République d’Azerbaïdjan a accompli toutes les formalités d’association et qu’elle deviendra Associée le 1^{er} janvier 2015, trois représentants de la République d’Azerbaïdjan assistent à la réunion de la CGPM en tant qu’observateurs.

7. Approbation de l’ordre du jour

Le président de la CGPM demande aux délégués s’ils ont des commentaires sur l’ordre du jour. En l’absence de commentaire, l’ordre du jour est adopté.

8. Rapport du président du CIPM sur les travaux accomplis depuis la 24^e réunion de la CGPM

M. Inglis, président du CIPM, présente le rapport suivant.

En vertu de la Convention du Mètre, j'ai le plaisir de vous présenter mon rapport sur les travaux accomplis par le CIPM depuis la 24^e réunion de la CGPM qui s'est tenue en 2011. Des rapports sur les progrès effectués ont été présentés lors des réunions des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie qui ont été organisées au siège du BIPM les 16 et 17 octobre 2012 et les 23 et 24 octobre 2013 : mon intention n'est donc pas d'entrer dans les détails concernant les travaux accomplis mais de mettre en lumière les actions et réalisations. Le directeur du BIPM vous donnera de plus amples informations sur les progrès de l'exécution du programme de travail approuvé lors de la 24^e réunion de la CGPM, les présidents des Sous-comités et Groupes de travail *ad hoc* du CIPM évoqueront de nouvelles initiatives, et les présidents des Comités consultatifs aborderont les avancées techniques.

Je souhaite commencer mon rapport en souhaitant la bienvenue aux nouveaux États Membres et aux nouveaux Associés.

Depuis la 24^e réunion de la CGPM, trois États ont accédé à la Convention du Mètre et huit États sont devenus Associés à la CGPM.

Nouveaux États Membres (et date d'accession) :

- République de Tunisie (précédemment Associée) (1er février 2012) ;
- République de Colombie (6 février 2013) ;
- République d'Irak (20 août 2013).

C'est avec plaisir que j'accueille les délégations des nouveaux États Membres à la 25^e réunion de la CGPM.

Nouveaux Associés à la CGPM (et date d'association) :

- Sultanat d'Oman (8 mai 2012) ;
- République du Botswana (30 mai 2012) ;
- République arabe syrienne (31 mai 2012) ;
- République de Namibie (10 août 2012) ;
- Mongolie (7 août 2013) ;
- Grand-Duché du Luxembourg (29 janvier 2014) ;
- République du Soudan (6 juin 2014) ;
- République du Yémen (21 juillet 2014).

C'est avec plaisir que j'accueille les délégations des nouveaux Associés à la 25^e réunion de la CGPM.

À l'ouverture de la réunion de la CGPM, le BIPM compte 56 États Parties à la Convention du Mètre et 41 Associés à la CGPM.

8.1. Nomination d'un nouveau directeur du BIPM

Au milieu de l'année 2011, le directeur du BIPM, Michael Kühne, a informé le CIPM de son intention de démissionner de ses fonctions avec effet à la fin de 2012. Le CIPM a mis en place un comité de sélection du nouveau directeur, constitué des quatre membres du bureau du CIPM, ainsi que de João da Jornada, directeur du laboratoire national de métrologie brésilien, INMETRO, en qualité de représentant externe. Sur les 41 candidatures pour le poste de directeur du BIPM, neuf candidats ont été reçus pour un entretien ; le comité de sélection a unanimement recommandé au CIPM la candidature de Martin Milton. Après avoir dûment examiné l'ensemble des candidatures et le rapport du comité de sélection, le CIPM a proposé le poste de directeur du BIPM à Martin Milton puis ce dernier a été nommé en septembre 2012 : il a d'abord pris les fonctions de sous-directeur, puis celles de directeur à compter du 1^{er} janvier 2013.

8.2. Actions résultant des Résolutions adoptées par la CGPM à sa 24^e réunion

Résolution 1 : Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI

- Une feuille de route relative à la redéfinition du kilogramme, élaborée par le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), a été adoptée par le CIPM.
- Les mises en pratique des nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole ont été préparées.
- Le travail se poursuit au BIPM afin d'étalonner les prototypes nationaux des États en mesure de réaliser le kilogramme à partir d'une balance du watt et/ou du projet Avogadro.
- Le président du Comité consultatif des unités (CCU) fournira à la CGPM de plus amples informations sur les progrès scientifiques réalisés par les laboratoires nationaux de métrologie.
- Le CIPM, les Comités consultatifs et le BIPM ont mené des actions visant à informer les différentes communautés d'utilisateurs et le grand public du projet de redéfinir plusieurs unités du SI. Plus récemment, des présentations sur la révision du SI ont été données par le directeur du BIPM lors de la Conférence internationale NCSLI organisée à Orlando (États-Unis d'Amérique) en juillet 2014, ainsi que par le président du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) et le secrétaire exécutif du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CEM) lors de la Conférence on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) organisée à Rio De Janeiro (Brésil) en août 2014. Le directeur du Département des relations internationales et de la communication du BIPM a évoqué le sujet lors de la 30^e réunion plénière du Comité pour l'évaluation de la conformité (ISO CASCO) de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) à Genève (Suisse) en septembre 2014, lors de l'Assemblée générale de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) à Vancouver (Canada) en octobre 2014, et lors d'une réunion de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) à Genève (Suisse) en novembre 2014.

Par ailleurs, le président du CCM a fait une présentation lors de la 49^e réunion du Comité international de métrologie légale (CIML) de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) à Auckland (Nouvelle-Zélande) au début de novembre 2014.

Résolution 2 : Sur l'importance d'une collaboration internationale afin de rendre les mesures nécessaires à l'observation du changement climatique traçables au Système international d'unités (SI)

Le BIPM a collaboré activement avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux concernés par la surveillance de facteurs environnementaux ayant une incidence sur le changement climatique :

- Un atelier commun avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM) intitulé « Global to Urban Scale Carbon Measurements » est prévu d'être organisé au siège du BIPM en 2015.
- Des experts de l'OMM sont désormais pleinement impliqués dans les activités du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie et biologie (CCQM) et du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) relatives à la surveillance du changement climatique. Cette coopération a conduit à ce que des membres du personnel du BIPM participent à la rédaction de la publication de l'OMM « Guidelines for continuous measurement of ozone in the troposphere ».
- Un protocole d'accord a été signé avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) en 2012, ce qui a donné lieu à l'organisation d'un atelier commun visant à analyser l'état actuel des étalons servant à déterminer les rapports isotopiques pour les gaz à effet de serre majeurs.
- La collaboration avec l'International Association for Properties of Water and Steam (IAPWS) a mené à la rédaction d'un document de prise de position commune intitulé « Metrological challenges for measurements of key climatological observables: Oceanic salinity and pH, and atmospheric humidity » et à la participation continue de l'IAPWS au Comité consultatif de thermométrie (CCT).
- Un exposé du BIPM intitulé « Linking Essential Climate Variables to SI traceable measurement » a été présenté lors de la 16^e Conférence internationale sur les propriétés de l'eau et de la vapeur (2013).

Résolution 3 : Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2015

Le CIPM a supervisé le budget et la performance financière du BIPM. Le budget du BIPM a été respecté et des mesures importantes ont été prises afin de faire face aux défis financiers à venir, dont ceux associés en particulier à la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et à l'assurance-maladie. Les actions mises en œuvre seront abordées dans la suite du présent rapport, dans le compte rendu du directeur du BIPM, ainsi que dans le rapport du président du Sous-comité du CIPM sur les finances et dans celui du président du Sous-comité du CIPM sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie.

Résolution 4 : Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale

Le BIPM a continué à encourager l'ensemble des Associés à poursuivre leurs efforts afin d'accéder à la Convention du Mètre ; les modifications approuvées par la CGPM à sa 24^e réunion concernant l'augmentation des souscriptions ont été mises en œuvre. Depuis la 24^e réunion de la CGPM, huit États sont devenus Associés à la CGPM.

Résolution 5 : Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale

En vertu de la Résolution 5, le statut d'Associé n'est désormais accordé à des entités économiques par la CGPM qu'au cas par cas, et à l'unanimité. Actuellement, le BIPM n'est en discussion avec aucune entité économique.

Le CIPM a réfléchi aux « moyens appropriés d'impliquer des organisations intergouvernementales, en particulier celles des régions ne disposant pas d'une infrastructure métrologique bien développée, au travail du BIPM [...] ». Il en résulte les points suivants :

- Une proposition afin d'établir un nouveau *Programme de visiteurs du BIPM* a été préparée et est soumise à l'approbation de la CGPM.
- Le BIPM travaille avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUUDI) afin de soutenir le développement de l'AFRIMETS, l'organisation régionale de métrologie africaine, en assurant un certain nombre d'ateliers et en apportant des conseils à l'ONUUDI.
- Le BIPM continue à participer au Réseau de métrologie, d'accréditation et de normalisation pour les pays en développement (DCMAS), notamment en collaborant étroitement avec l'OIML, l'ISO et l'ILAC. Le BIPM mène par ailleurs des actions visant à soutenir les organisations régionales de métrologie et, en particulier, le développement de certaines telles que GULFMET.

Résolution 6 : Sur les contributions arriérées des États Parties à la Convention du Mètre

Conformément à la Résolution 6, il a été accordé un délai de 12 mois à la République du Cameroun et la République populaire démocratique de Corée, qui étaient en situation d'arriérés depuis plus de six ans, afin de conclure un accord de rééchelonnement. Ces deux États n'étant pas parvenus à conclure d'accord de rééchelonnement, ils ont par conséquent été exclus le 1^{er} janvier 2013.

Résolution 7 : Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées

Un accord de rééchelonnement a été conclu avec la République dominicaine et avec la République islamique d'Iran en août 2012 et en octobre 2012, respectivement. La République islamique d'Iran et la République dominicaine ont toutes deux réglé leur contribution au titre de 2012 et les arriérés dus pour l'année 2012 selon l'accord de rééchelonnement. Toutefois, la République dominicaine n'a pas versé sa contribution au titre de 2013 ni ses arriérés dus pour 2013. Par conséquent, ses avantages et prérogatives ont été suspendus dans l'attente du règlement des arriérés dus pour 2013. Si la totalité des montants dus pour l'année 2013 (contribution et arriérés dus selon l'accord de rééchelonnement) ne sont pas réglés au 31 décembre 2014, la République dominicaine sera automatiquement exclue.

Au 31 décembre 2013, la République islamique d'Iran n'avait pas versé sa contribution au titre de 2013 ni ses arriérés dus pour 2013 : ses avantages et prérogatives ont donc été suspendus à compter du 1^{er} janvier 2014, et ce jusqu'au paiement des montants dus (contribution et arriérés) pour 2013. La République islamique d'Iran a procédé, au cours de la deuxième semaine de

novembre 2014, à un transfert bancaire aux fins du paiement en totalité des années 2013 et 2014. Néanmoins, le montant des arriérés dus fait l'objet d'une discussion. La République islamique d'Iran, dans une Note verbale de l'ambassade reçue par le BIPM le 28 octobre 2014, a demandé à ce qu'une délégation iranienne assiste à la 25^e réunion de la CGPM afin de présenter la situation et obtenir une réduction du montant des arriérés considérés. Cette demande a toutefois été reçue trop tard pour que la question soit soumise à la CGPM à sa 25^e réunion et, en tout état de cause, les avantages et prérogatives de l'Iran étaient à ce moment-là suspendus. Sur la base de nouvelles informations fournies par l'Iran et de documents confirmant que le paiement total, par virement bancaire, des contributions et arriérés convenus pour 2013 et 2014 était en cours, des représentants de l'Iran ont été invités à venir au siège du BIPM le 14 novembre afin de discuter de la question et présenter la situation au CIPM. Suite à cela, et compte tenu des paiements en cours, il a été convenu d'un avenant à l'accord de rééchelonnement de façon à suspendre le paiement (à compter de 2015) des sommes dues au titre des arriérés tant que la question du montant total des arriérés n'était pas examinée. Le paiement de la contribution annuelle dans les délais requis est une condition *sine qua non* à cela.

Résolution 8 : Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence

Les laboratoires nationaux de métrologie effectuent un excellent travail dans ce domaine, ce qui sera présenté par le président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) et celui du Comité consultatif des longueurs (CCL).

Résolution 10 : Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM

Le CIPM a mis en place un Groupe de travail *ad hoc*, présidé par le président du CIPM, tel que proposé dans la Résolution 10. Ce Groupe de travail *ad hoc* comprend 14 membres, parmi lesquels des représentants des États Parties à la Convention du Mètre (à contributions maximales, intermédiaires et minimales), des laboratoires nationaux de métrologie (reflétant de manière adéquate l'ensemble des régions), du CIPM, ainsi que le directeur du BIPM. Le Groupe de travail *ad hoc* a été chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme, de la direction stratégique et de la gouvernance du BIPM. Il s'est réuni du 14 au 16 mars 2012, puis les discussions se sont poursuivies par email et des recommandations ont été publiées sur le site internet du BIPM le 6 avril 2012. La réponse du CIPM vis-à-vis de chacune des recommandations a été présentée lors d'une réunion des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie organisée les 16 et 17 octobre 2012. De plus amples détails sur les actions mises en place afin de répondre aux recommandations du Groupe de travail *ad hoc* ont été présentés aux représentants des États Membres et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie lors de la réunion des 23 et 24 octobre 2013. Les actions clés sont précisées dans la section 8 ci-après et les propositions devant être approuvées par la CGPM sont incluses aux Projets de résolution B et C.

8.3. Changements opérationnels au sein du BIPM

Depuis la 24^e réunion de la CGPM, un certain nombre de changements ont été effectués au sein du BIPM, ce qui a permis d'améliorer de façon considérable son mode de fonctionnement.

Le BIPM a en particulier apporté des modifications à sa structure organisationnelle, ainsi qu'à ses opérations financières et administratives, afin de faciliter la reddition de comptes et obtenir une plus grande flexibilité, tout en gardant pour objectif principal la bonne exécution du programme de travail approuvé. Je saisis cette occasion pour saluer le leadership et l'initiative du directeur du BIPM concernant ces changements et je lui laisserai le soin de vous les présenter plus en détail.

8.4. Situation financière

Les revenus du BIPM ont baissé du fait de la suppression en 2013 des contributions supplémentaires, ce qui a toutefois été partiellement compensé par le doublement de la souscription minimale des Associés à compter de 2013 et par les contributions et souscriptions des nouveaux Etats Membres et Associés à la CGPM. Par ailleurs, les modifications structurelles effectuées par le directeur au sein du BIPM ont permis de réaliser des économies et d'apporter d'efficacité. Le résultat a été légèrement bénéficiaire en 2013 et devrait l'être également en 2014. Le budget triennal des années 2013 à 2015 devrait être à l'équilibre. De plus amples détails sur la situation financière vous seront donnés par le directeur du BIPM dans son compte rendu.

La comptabilité d'engagement du BIPM a désormais été totalement mise en place et permet d'obtenir des données plus claires et fiables sur les actifs, les amortissements et les investissements. Cela a été un réel plaisir de constater que les états financiers du BIPM pour l'année 2013 ont été, pour la première fois depuis de nombreuses années, certifiés sans réserve par l'auditeur.

Il est clair que des défis financiers à long terme sont à relever : ces défis sont actuellement examinés avec l'aide et les conseils du Sous-comité du CIPM sur les finances et de celui sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie, et des solutions seront trouvées.

8.5. Programme de travail du BIPM

Le CIPM a pour mission de superviser l'exécution du programme de travail technique approuvé par la CGPM à sa 24^e réunion. Le Programme de travail pour les années 2013 à 2015 est en voie de réalisation en ce qui concerne l'ensemble des objectifs clés. Des détails sur l'avancée des travaux sont présentés dans le Rapport du directeur du BIPM, publié chaque année sur le site internet du BIPM. Le directeur du BIPM mettra en lumière les principales réalisations accomplies dans le compte rendu qu'il présentera à la CGPM.

8.6. Comités consultatifs

Le CIPM compte actuellement 10 Comités consultatifs. Il est à noter que certains comités ont changé de président depuis la 24^e réunion de la CGPM.

Ian Mills a démissionné de ses fonctions de président du Comité consultatif des unités (CCU) après 17 années de service remarquable ; Joachim Ulrich, président de la PTB (Allemagne), a été nommé pour lui succéder en tant que président du CCU.

Philippe Richard, directeur adjoint du METAS (Suisse), a été nommé président du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) suite à la démission de ses fonctions de Mitsuru Tanaka. Philippe Richard n'est pas membre du CIPM mais il a été sélectionné pour

assurer ces fonctions en raison de ses compétences et de l'absence d'une telle expérience au sein du CIPM.

Huseyin Uğur a démissionné en 2013 de ses fonctions de président du Comité consultatif de thermométrie (CCT) et a été remplacé par Yuning Duan, vice-directeur du NIM (Chine).

Franz Hengstberger a démissionné en 2012 de ses fonctions de président du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) et a été remplacé par Takashi Usuda, directeur du Metrology Management Center (MMC) du NMIJ (Japon).

Robert Kaarls a démissionné en 2013 de ses fonctions de président du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie et biologie (CCQM) et a été remplacé par Willie May, directeur du NIST (États-Unis d'Amérique).

Au nom du CIPM, je tiens à remercier tous les présidents sortants pour leur leadership et leur précieuse contribution. Je remercie tout particulièrement Ian Mills et Robert Kaarls pour leur contribution exceptionnelle et leur dévouement au cours de leurs nombreuses années de présidence.

8.7. Gouvernance et reddition de comptes du BIPM

Compte tenu des réserves du CIPM selon lequel les compétences de ses membres n'étaient pas utilisées de la façon la plus efficace, des commentaires et préoccupations exprimés lors de la 24^e réunion de la CGPM, ainsi que des recommandations formulées par le Groupe de travail *ad hoc* établi en vertu de la Résolution 10 (2011) adoptée par la CGPM, les actions suivantes ont été mises en œuvre :

- (i) Trois Sous-comités et deux Groupes de travail *ad hoc* du CIPM ont été créés afin de conseiller le CIPM sur des sujets spécifiques : il s'agit du Sous-comité sur la stratégie, du Sous-comité sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie, du Sous-comité sur les finances, du Groupe de travail *ad hoc* sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM, et du Groupe de travail *ad hoc* sur les conditions d'emploi. Tous les membres du CIPM participent à au moins l'un de ces Sous-comités et Groupes de travail. Le CIPM a fait appel à des personnes extérieures lorsque l'expertise requise n'était pas suffisante au sein du CIPM. Ainsi, Christian Bock, directeur du METAS (Suisse), apporte ses connaissances spécifiques au Sous-comité sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance maladie en tant que membre externe.
- (ii) Une déclaration succincte et claire sur la mission, le rôle et les objectifs du BIPM au 21^e siècle a été rédigée et publiée.
- (iii) Un processus de planification consolidée a été préparé et mis en place : de cette façon, des « plans stratégiques » développés par les Comités consultatifs ont été mis à la disposition des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie pour commentaires. Les observations reçues ont été prises en considération et intégrées à un plan consolidé qui a constitué le point de départ de la préparation du programme de travail du BIPM. Le programme de travail a été mis, à son tour, à la disposition des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie pour commentaires. Tel est le processus qui a été suivi afin d'élaborer le *Programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019* qui est soumis à l'approbation de la CGPM lors de sa 25^e réunion.

- (iv) Le CIPM reconnaît l'importance du rôle joué par les organisations régionales de métrologie concernant la métrologie internationale : il a pour objectif de coopérer à leurs activités et les soutenir. À cette fin, le directeur du BIPM préside le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB), auquel participent également le secrétaire du CIPM ainsi que, de temps en temps, d'autres membres du CIPM. Les représentants du CIPM et du BIPM assistent aux assemblées générales et aux ateliers des organisations régionales de métrologie. Tous les présidents des organisations régionales de métrologie sont désormais invités à chacune des réunions des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, et les présidents des comités techniques des organisations régionales de métrologie sont invités aux réunions des Groupes de travail des Comités consultatifs sur la stratégie et sur les comparaisons clés.
- (v) Le BIPM a élaboré un document consolidé et compact regroupant l'ensemble des règles applicables et des procédures opérationnelles et de prise de décision en matière de gouvernance du BIPM. Ce Compendium est disponible sur le site internet du BIPM. Le CIPM publie désormais en ligne la liste des décisions prises lors de ses sessions dans les deux semaines suivant une réunion du CIPM, ainsi que les procès-verbaux dans les 6 mois. En outre, un document de 4 pages intitulé Core data, contenant des données clés et produit par le directeur du BIPM, est disponible en version imprimée ainsi que sur le site internet du BIPM.
- (vi) Les rapports officiels envoyés aux États Membres ont été rationalisés. Les rapports sont publiés sur le site internet du BIPM dès qu'ils sont disponibles ; ils sont par ailleurs adressés en version imprimée aux États Membres en un seul envoi annuel.
- (vii) Le Groupe de travail *ad hoc* sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM a produit le document « Critères et procédure pour l'élection du CIPM » qui a été approuvé par le CIPM, ainsi que par les membres du Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM. Le document a été présenté aux représentants des États Membres et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie lors de la réunion des 23 et 24 octobre 2013, puis il a été mis en ligne sur le site internet du BIPM le 17 janvier 2014. Les critères et la procédure élaborés par le Groupe de travail *ad hoc* constitue la base du Projet de résolution B, qui est soumis à la CGPM lors de la présente réunion. Afin d'anticiper l'approbation du Projet de résolution B, ou d'une variante de ce projet, par la CGPM à sa 25^e réunion, les membres actuels du CIPM ont présenté leur démission avec effet à l'ouverture de la première partie de la 104^e session du CIPM (prévue en mars 2015) afin de permettre la mise en œuvre des règles et procédures révisées.

8.8. Durée de la réunion de la CGPM

En réponse aux préoccupations formulées lors de la 24^e réunion de la CGPM concernant la durée des réunions de la CGPM, la 25^e réunion a été prévue sur trois jours au lieu des cinq jours traditionnels. L'objectif est de couvrir l'ensemble de l'ordre du jour de façon plus efficace, par le biais de présentations plus succinctes, afin de réduire les coûts et les contraintes de temps pour l'ensemble des États Membres et Associés, ainsi que pour le BIPM. Une autre innovation est que des posters ont été préparés : ils présentent le travail des Comités consultatifs du CIPM et des laboratoires du BIPM. Ils fournissent ainsi un grand nombre d'informations qui seront considérées, je l'espère, intéressantes et précieuses.

8.9. Conclusion

D'importants progrès ont été accomplis depuis la 24^e réunion de la CGPM, avec notamment des changements majeurs en matière de gouvernance, de reddition de comptes, de planification stratégique, et avec des modifications apportées à la structure interne des Comités du CIPM, ainsi qu'à la structure organisationnelle et aux processus financiers du BIPM. Cela a requis beaucoup d'efforts de la part des membres du CIPM et, en particulier, des membres du personnel du BIPM. De cette façon, le BIPM est, j'en suis persuadé, dans une position bien plus forte pour faire face aux défis à venir et pour répondre de façon plus efficace aux besoins des États Membres.

Je saisis cette occasion pour remercier tous les membres du CIPM et les membres externes de ses Sous-comités, Groupes de travail *ad hoc* et Comités consultatifs pour leur engagement continu et leur contribution au cours des trois années passées. Je tiens à saluer et à remercier en particulier le directeur du BIPM et les membres du personnel du BIPM pour les efforts qu'ils ont déployés sans relâche, leur implication et leur dévouement au cours de ce qui a constitué trois années difficiles : sans eux, les progrès obtenus n'auraient pu être possibles.

Le président de la CGPM remercie M. Inglis pour son rapport et demande s'il y a des questions. M. Holmes (Royaume-Uni) observe que le rapport montre clairement que le BIPM et le CIPM sont des structures différentes de celles qui étaient en place lors de la précédente réunion de la CGPM en 2011. Il félicite le CIPM et le BIPM pour les changements apportés afin de modifier l'organisation et renforcer ses finances, ce qui se reflète par l'audit certifié sans réserve. M. Inglis remercie M. Holmes de ses encouragements et exprime sa reconnaissance.

Le secrétaire de la CGPM annonce l'arrivée des délégations de la Colombie, de l'Iran et de l'Uruguay.

9. Compte rendu du directeur du BIPM sur les principales réalisations du BIPM

M. Milton précise que son rapport est complémentaire de celui donné par le président du CIPM. Il commence par évoquer certaines des actions qui ont été accomplies depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Le rôle du BIPM au 21^e siècle a été confirmé dans une déclaration révisée sur la mission, le rôle et les objectifs du BIPM. La mission du BIPM demeure celle d'assurer et de promouvoir la comparabilité mondiale des mesures, en fournissant notamment un système international d'unités cohérent, essentiel pour les découvertes et l'innovation scientifiques, la production industrielle et le commerce international, la préservation de la qualité de vie et de l'environnement. Le rôle unique du BIPM lui permet de remplir sa mission en mettant en place l'infrastructure technique et organisationnelle du Système international d'unités (SI) qui constitue le fondement de la traçabilité des résultats de mesure au niveau international. Le BIPM mène ainsi des activités techniques dans ses laboratoires et effectue un travail de coordination internationale.

Un plan stratégique, qui sera présenté à un point ultérieur de l'ordre du jour, a été élaboré pour le BIPM.

Par ailleurs, des améliorations ont été apportées à la reddition des comptes du BIPM. Par exemple, des données concernant la performance du BIPM dans des domaines clés de son travail sont désormais publiées chaque année dans le document « Core Data » ; un nouveau site internet a été développé afin de fournir aux différentes communautés d'utilisateurs un accès plus rapide aux informations pertinentes ; tous les documents officiels sont à présent disponibles sur le site internet du BIPM.

Enfin, la soutenabilité financière à long terme du BIPM a fait l'objet d'un examen. Les coûts futurs liés aux pensions et à l'assurance-maladie ont fait l'objet d'études indépendantes. La stabilité financière à long terme du BIPM a été confirmée selon diverses hypothèses possibles concernant le niveau de financement futur. En outre, les états financiers pour l'année 2013 ont récemment été certifiés sans réserve par l'auditeur indépendant.

M. Milton décrit ensuite certaines des réalisations du programme de travail du BIPM. Le rôle de la métrologie dans la facilitation du commerce a été reconnu, l'Organisation mondiale du commerce (OMC) ayant octroyé au BIPM le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce (OTC). Le BIPM sera ainsi en mesure de promouvoir davantage l'importance de la métrologie internationale comme mécanisme permettant de lutter contre les obstacles techniques au commerce. La portée et l'impact de la Journée mondiale de la métrologie ont été améliorés ; le poster est désormais traduit dans plus de vingt langues et des événements sont organisés dans plus de trente pays afin de sensibiliser les parties prenantes et le grand public à l'importance de la métrologie.

C'est un moment historique pour la communauté de la métrologie en raison de la redéfinition à venir de quatre des unités de base du SI. Pour parvenir à redéfinir l'unité de masse, il a notamment été nécessaire d'effectuer une série d'étalonnages à l'aide du prototype international du kilogramme au cours des six derniers mois. Les résultats des étalonnages montrent que les différences de masse entre le prototype international et ses six témoins ont évolué en moyenne de seulement 1 μg : cela est inférieur à ce qui était attendu par rapport aux précédentes vérifications effectuées au 20^e siècle et confirme que le prototype international du kilogramme et ses témoins sont maintenus dans des conditions stables.

La balance du watt du BIPM a été transférée dans un nouveau laboratoire dédié et le nouvel aimant a été intégré à l'équipement. L'écart-type caractérisant la répétabilité des mesures de la constante de Planck a été réduit de $1,4 \times 10^{-6}$ à 5×10^{-7} .

La première comparaison d'une nouvelle série de comparaisons d'étalons de résistance à effet Hall quantique entre le BIPM et des laboratoires nationaux de métrologie a été achevée. Les résultats ont apporté de nouvelles informations sur les facteurs limitants dans les étalonnages de résistance.

Une version anticipée de l'UTC, appelée UTC rapide (UTCr), est publiée chaque semaine. L'UTCr est le fruit de recherches sur de nouveaux algorithmes qui ont été largement validés. L'écart de l'UTCr par rapport à l'UTC définitif publié chaque mois ne dépasse pas 2 ns. L'exactitude des comparaisons d'horloges est améliorée au minimum d'un facteur deux par le biais d'un programme d'étalonnages des liaisons horaires effectué en coopération avec les organisations régionales de métrologie. Cela permettra de réduire l'incertitude de $[UTC - UTC(k)]$ pour atteindre une exactitude de 1 à 2 ns.

Une nouvelle technique de comparaison a été mise au point pour les mesures de l'activité des radionucléides de courte période et sa validité prouvée pour le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (période de 6 h) et le ^{18}F (période de 1,83 h). De nouvelles données fondamentales fondées sur la réponse des chambres d'ionisation du BIPM et les mesures par calorimétrie dans des faisceaux générés par accélérateur vont permettre d'améliorer, à l'échelle mondiale, les mesures dosimétriques réalisées par les méthodes ionométriques.

Une nouvelle activité de résonance magnétique nucléaire quantitative (qNMR) a été mise en place au BIPM suite à un programme de collaboration avec le laboratoire national japonais, le NMIJ, et au don d'un équipement de résonance magnétique nucléaire (400 MHz) par JEOL (Japon). Les mesures absolues les plus exactes de la section efficace d'absorption de l'ozone ont confirmé l'existence de biais importants dans les données utilisées par les réseaux mondiaux de surveillance de la qualité de l'air.

M. Milton termine sa présentation en décrivant comment les discussions au sujet de l'équilibre entre les différentes activités menées par le BIPM ont été facilitées par la nouvelle approche adoptée pour élaborer le programme de travail du BIPM proposé pour les années 2016 à 2019. Ainsi, les coûts complets et les besoins en personnel nécessaires sont indiqués pour chaque activité et les activités de laboratoire sont orientées selon trois axes : la métrologie en physique, la métrologie du temps, et les projets thématiques de la chimie et des rayonnements ionisants. De plus, les activités de coordination et de collaboration internationales ont été mises en lumière.

En résumé, la direction stratégique du BIPM a été renouvelée, la reddition des comptes du BIPM a été améliorée et la soutenabilité financière à long terme du BIPM a été examinée et confirmée. Des progrès ont été réalisés dans tous les domaines du programme de travail et le BIPM a effectué un travail de collaboration plus efficace avec les organisations internationales. Enfin, de nouvelles sources de soutien ont été identifiées ; elles permettent au BIPM de réaliser des activités qui apportent une valeur supplémentaire au programme de travail approuvé.

Le président de la CGPM remercie M. Milton et ouvre la discussion. Le compte rendu du directeur du BIPM ne fait l'objet d'aucune question.

10. Rapport du président du CCU

M. Ullrich, président du Comité consultatif des unités (CCU), présente son rapport sur les activités du CCU depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

Le CCU, créé en 1964, conseille le CIPM sur tous les sujets relatifs à l'objectif majeur et la tâche la plus importante de la Convention du Mètre, à savoir établir, maintenir et disséminer aux États Membres et aux Associés un Système international d'unités, le SI, à la pointe de la métrologie. Les États Membres et Associés représentent au total près de 100 pays, soit 94 % de l'économie mondiale.

Afin de remplir sa mission, le CCU prend conseil auprès de ses membres et parties prenantes, d'associations, de commissions et comités internationaux, ainsi que d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux, avec lesquels il entretient des liens ; il travaille par ailleurs en étroite collaboration avec les autres Comités consultatifs et les laboratoires nationaux de métrologie.

Le principal défi du CCU est à l'heure actuelle de guider, coordonner et étayer scientifiquement le changement fondamental à venir du SI afin d'adopter le « nouvel SI ». Le nouveau système d'unités ne s'appuiera plus, comme c'est en partie le cas actuellement, sur des artefacts, des propriétés

matérielles ou des formulations idéalisées pour définir les unités mais sera fondé sur les valeurs numériques fixées d'un ensemble cohérent de « constantes de définition » et sur les mises en pratique des unités, c'est-à-dire les procédures pour les réaliser.

Depuis l'adoption par la CGPM de la Résolution 1 (2011) « Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI », le CCU a axé ses activités sur la préparation de la redéfinition de certaines unités de base : il a notamment rédigé les projets des trois premiers chapitres de la 9^e édition de la Brochure sur le SI, la publication du BIPM la plus largement utilisée. Ces projets sont désormais accessibles au public pour commentaires. Des réunions ont été programmées afin que la Brochure soit prête avant la 26^e réunion de la CGPM en 2018. En outre, un logo est en cours de conception pour le « nouvel SI » et des actions sont mises en place afin d'informer le grand public de la révision à venir.

Un document concernant la stratégie du CCU pour les années 2013 à 2023 a été préparé en février 2014 : il sera examiné et amélioré au cours de la prochaine réunion du CCU en juin 2016.

Le « Supplément 2014 », qui donne la liste des modifications les plus significatives concernant la 8^e édition de la *Brochure sur le SI*, a été édité en juin 2014 (en français et en anglais).

Afin de répondre à une demande de conseils, le CCU a créé en juin 2014 le Groupe de travail sur les angles et les grandeurs sans dimension qui se réunira pour la première fois en février 2015.

Joachim Ullrich, président de la PTB (Allemagne) et membre du CIPM, a été nommé par le CIPM président du CCU à compter du 1^{er} janvier 2014 ; il succède à Ian Mills qui a présidé le CCU pendant plus de 17 ans. Ian Mills a été nommé membre honoraire du CCU en mars 2014.

Domaine de compétence du CCU

Le CCU, créé en 1964, conseille le CIPM sur tous les sujets relatifs à l'objectif majeur et la tâche la plus importante de la Convention du Mètre, à savoir établir, maintenir et disséminer aux États Membres et aux Associés à la CGPM un Système international d'unités, le SI, à la pointe de la métrologie. Les États Membres et Associés représentent au total près de 100 pays, soit 94 % de l'économie mondiale.

Le travail du CCU porte sur les thèmes suivants :

- faire évoluer et améliorer le Système international d'unités, le SI ;
- conseiller le CIPM sur les unités de mesure en général ;
- fournir des informations et des conseils sur les unités et leur utilisation, au-delà du CIPM, à un large éventail d'organismes, associations, commissions et comités internationaux, ainsi qu'à des personnes contactant le BIPM à cette fin ;
- suivre la préparation des mises en pratique et formuler des commentaires à ce sujet, apporter des conseils au CIPM concernant le fondement scientifique des mises en pratique, leur cohérence générale et leur harmonisation.

Afin de remplir sa mission, le CCU prend conseil auprès de ses membres et parties prenantes, d'associations, de commissions et comités internationaux, ainsi que d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux, avec lesquels il entretient des liens ; il travaille par ailleurs en étroite collaboration avec les autres Comités consultatifs et les laboratoires nationaux de métrologie.

Le CCU a pour responsabilité de préparer les éditions successives de la *Brochure sur le SI*, y compris de son Résumé, ainsi que de tout autre document de synthèse sur le SI destiné aux laboratoires de métrologie, industries, universités et enseignants, ou au grand public. La *Brochure sur le SI*, qui est aujourd'hui à sa 8^e édition (2006), est la publication du BIPM la plus importante et la plus largement utilisée. Elle est le fruit du travail d'un grand nombre de personnes, au BIPM et en dehors du BIPM, et sa production requiert un niveau élevé de connaissances et d'expérience scientifiques. Le CCU apporte le plus grand soin à la préparation du texte, en prenant en considération non seulement la précision du sens du texte mais aussi le fait que la *Brochure sur le SI* est traduite dans de nombreuses autres langues et qu'elle est utilisée par des personnes dont la langue maternelle n'est ni le français ni l'anglais.

Stratégie

Conformément à sa mission de conseiller le CIPM sur tous les sujets portant sur les unités de mesure et, en particulier, sur le SI, le CCU a mis en place ces dernières années une stratégie visant à redéfinir les unités de base afin de répondre aux besoins croissants de l'industrie, de la société et de la science.

Cet objectif a conduit à développer un « nouvel SI » qui se fonde désormais sur deux éléments clés :

- (i) le fait de fixer les valeurs numériques d'un ensemble cohérent de « constantes de définition »,
- (ii) l'établissement de procédures de réalisation des unités, à savoir les mises en pratique.

La révision du SI, qui s'appuie sur la Résolution 1 (2011) de la CGPM, comprend de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole. Le principal défi du CCU est à l'heure actuelle de guider, coordonner et étayer scientifiquement le changement fondamental à venir du SI afin d'adopter le « nouvel SI ».

Ainsi, la stratégie du CCU pour parvenir à l'adoption du « nouvel SI » repose sur les principes directeurs suivants :

- I. Assurer la continuité et la praticabilité du SI.
- II. Assurer la cohérence, la stabilité et le fondement scientifique solide du SI.

Ainsi, les limites d'incertitude et la cohérence des résultats obtenus à partir des expériences de la balance du watt et de celles utilisant des sphères en silicium, tel que requis par le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), sont des conditions clés pour que la mise en œuvre de la révision du SI puisse être décidée. Ces deux types d'expériences permettent de déterminer la constante de Planck h ou, de façon équivalente, d'établir la relation entre le kilogramme et la future constante de définition h . Parallèlement, la cohérence des résultats de ces expériences avec ceux des expériences sur le « triangle métrologique quantique » garantit la cohérence des réalisations de l'ampère et donc des unités électriques fondées sur la constante de von Klitzing et la constante de Josephson.

- III. Veiller à ce que la réalisation des unités permette constamment de répondre aux besoins croissants de l'industrie, de la société et de la science au plus haut niveau technologique.

La nouvelle approche offre les avantages suivants :

- de nombreuses unités du SI peuvent être directement réalisées à partir d'une combinaison adéquate de constantes de définition, sans distinction entre unités de base et unités dérivées ;

- une unité pourrait être réalisée à l'aide d'expériences fondamentalement différentes (par exemple, le kilogramme pourrait être réalisé, à un niveau macroscopique, à l'aide d'une balance du watt ou de sphères en silicium et, à un niveau microscopique, à l'aide de mesures du recul de photons ou de longueurs d'onde de de Broglie), ce qui permet de conduire des comparaisons clés sans, ou avec peu de, corrélation ;
- les unités sont définies et peuvent être réalisées sur l'échelle entière et pas seulement, comme pour le kelvin selon sa définition actuelle, à partir de deux points fixes, ce qui requiert interpolations et extrapolations ;
- toute unité peut, en principe, être réalisée avec une exactitude qui ne cesse d'être améliorée dans le temps en raison des progrès de la science et de la technologie, car les définitions n'impliquent pas de mises en pratique spécifiques.

Dans les années à venir, de nouvelles suggestions concernant les réalisations des unités à partir des constantes de définition vont émerger, tout comme de nouvelles propositions pour les mises en pratique. Le CCU suivra ces évolutions, en veillant à la cohérence du SI dans sa globalité et en conseillant le CIPM sur le plan scientifique, en collaboration étroite avec les Comités consultatifs impliqués. Le CCU a pour projet de proposer une stratégie concernant l'approbation et la publication des mises en pratique.

Une feuille de route détaillée concernant la redéfinition du kilogramme prévue en 2018 a été élaborée par le CCM puis présentée au CIPM lors de sa 103^e session en mars 2014. Elle comprend des exigences spécifiques concernant la qualité des résultats d'expérience requise pour fixer la valeur numérique de la constante de Planck. Des exigences similaires ont été formulées par les autres Comités consultatifs concernés et il est attendu que des progrès soient réalisés afin que la redéfinition du kilogramme puisse être envisagée pour 2018.

Dans les cinq années à venir, la révision à venir du SI devrait susciter un intérêt croissant de la part des parties prenantes et du public, c'est pourquoi le CCU mettra en place une stratégie afin de préparer les communautés des sciences, des technologies, de l'industrie et de l'enseignement à la redéfinition des unités. Actuellement, des efforts sont effectués, avec notamment l'appui d'experts universitaires en physique didactique, afin de présenter le « nouvel SI » aux étudiants de l'enseignement secondaire à l'aide de publications spécifiques, d'instructions aux enseignants, d'applications et de livres scolaires. Le président du CCU continuera à participer aux réunions des autres Comités consultatifs afin de contribuer à harmoniser les différents points de vue, si besoin. Dans les années qui suivront immédiatement la révision du SI, il est probable que l'intérêt du public à ce sujet continue à être important et le CCU, ainsi que son président, continueront à mettre en place des actions afin d'expliquer le « nouvel SI » et d'accroître son acceptation sur le plan général.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Principales activités

Ces dernières années, l'activité la plus importante du CCU a été de préparer le « nouvel SI » : la révision du SI est en effet le sujet de la Résolution 1 (2011) de la CGPM, ainsi que du projet de résolution qui sera soumis à la CGPM à sa 25^e réunion et qui a été approuvé par le CIPM lors de sa 103^e session en mars 2014.

Parmi les réalisations du CCU figurent les suivantes :

- Les projets des trois premiers chapitres de la 9^e édition de la *Brochure sur le SI*, qui décrivent le « nouvel SI », ont été achevés en décembre 2013 et ont été mis à la disposition du plus grand nombre sur le site internet du BIPM afin que des commentaires puissent être soumis jusqu'en mars 2015. Les commentaires sont actuellement recueillis et sauvegardés sur les pages en accès restreint du CCU.
- En janvier 2014, le président du CCU a reconstitué l'équipe de rédaction de la 9^e édition de la *Brochure sur le SI* qui avait été mise en place lors de la 21^e session du CCU en juin 2013. Cette équipe de rédaction se réunira en juin 2015 afin d'examiner les commentaires reçus concernant les projets des trois premiers chapitres de la 9^e édition.
- Le « Supplément 2014 : mise à jour de la 8^e édition (2006) de la *Brochure sur le SI* » (en français et en anglais), est paru en juin 2014 : il donne la liste des modifications les plus significatives apportées à la 8^e édition de la *Brochure sur le SI*, qui se fondent sur les recommandations formulées par le CCU lors de ses 19^e, 20^e et 21^e réunions et qui ont été approuvées par le CIPM lors de sa 103^e session en mars 2014. L'intention n'est pas de revoir de manière détaillée le texte complet de la Brochure mais de mettre à jour les points les plus importants afin de les harmoniser avec les recommandations les plus récentes, ainsi que d'actualiser les références aux documents qui y sont cités. Ainsi, le Supplément 2014 comprend la nouvelle définition de l'unité astronomique de longueur, adoptée en 2012 par la XXVIII^e Assemblée générale de l'Union astronomique internationale (UAI). Le Supplément (publié en français et en anglais) a été produit par un petit groupe de personnes du CCU, sous la supervision du président du CCU qui a saisi cette occasion pour renforcer la collaboration du CCU avec l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) par le biais de leurs représentants au CCU.
- Un groupe de travail du CCU a été créé afin d'examiner le sujet des « Angles et grandeurs sans dimension dans le SI » qui requiert des orientations concernant l'utilisation des unités et l'expression des valeurs des grandeurs. Les termes de référence de ce nouveau Groupe de travail, ainsi que sa composition et sa présidence, ont été approuvés par le CCU par courriels. Le Groupe de travail se réunira pour la première fois au siège du BIPM en février 2015 afin de formuler des conseils sur la présentation des unités des grandeurs sans dimension, parmi lesquelles les grandeurs de comptage.
- Le président du CCU, en consultation avec un sous-groupe restreint, poursuit le travail de conception d'un logo pour le « nouvel SI ». Une première version a été présentée au CIPM lors de sa 103^e session en mars 2014 et approuvée par celui-ci comme point de départ.

Le document de stratégie du CCU, dont le premier projet a été élaboré par le précédent président du CCU, Ian Mills (qui a démissionné de ses fonctions le 31 décembre 2013), a été finalisé, distribué pour commentaires au CCU et publié le 6 février 2014 par le nouveau président du CCU, Joachim Ullrich (qui a pris ses fonctions le 1^{er} janvier 2014). En raison d'un manque de temps pour continuer à travailler sur le document, il sera révisé, discuté, amélioré et complété par des plans à long terme plus détaillés lors de la prochaine réunion plénière du CCU prévue en juin 2016.

Défis et difficultés

L'un des défis que le CCU pourrait avoir à surmonter est lié à la mise en œuvre du « nouvel SI » car convaincre les différentes communautés de la nécessité d'abandonner les artefacts et les prototypes

est encore d'actualité. Le CCU doit également revoir sa composition, en collaboration avec le CIPM, afin de mieux impliquer ses parties prenantes dans les discussions et obtenir leur soutien.

Le CCU continuera à apporter des conseils sur l'exactitude et la cohérence des valeurs expérimentales des constantes de définition afin d'assurer une transition en douceur de l'actuel SI au « nouvel SI ». Le *CODATA Task Group on Fundamental Constants* fournira les valeurs ajustées des futures constantes de définition exprimées à l'aide des unités de l'actuel SI. Le CCU donnera son avis sur les valeurs numériques des constantes de définition, qui ne seront pas nécessairement exactement identiques à celles fournies par la CODATA, ceci afin d'atténuer l'impact des changements lors du passage de l'actuel SI au « nouvel SI ».

Perspectives à court terme et à long terme

L'objectif du CCU étant de présenter la 9^e édition de la *Brochure sur le SI* en français et en anglais à la CGPM en 2018, les mesures suivantes ont été, ou seront, prises :

- Le président du CCU a suggéré au CIPM, lors de la session de mars 2014, d'inviter les Comités consultatifs à lire attentivement la version en cours des projets des trois premiers chapitres de la 9^e édition de la *Brochure sur le SI* et de soumettre leurs commentaires pour mars 2015.
- Ces commentaires seront examinés lors d'une réunion de l'équipe de rédaction de la Brochure qui se tiendra en juin 2015.
- Il est prévu, lors de la prochaine réunion du CCU programmée du 15 au 16 juin 2016, d'approuver une version presque finale de la 9^e édition de la *Brochure sur le SI* qui sera fondée sur la version de l'équipe de rédaction mais prendra en considération les nouvelles évolutions qui pourraient être survenues d'ici cette date.
- La version finale devrait être prête en octobre 2017.
- Le CCU devrait se réunir au début de l'année 2018 afin de rédiger un projet de résolution concernant l'adoption du « nouvel SI » qui sera soumis à la CGPM lors de sa 26^e réunion.
- La 9^e édition de la *Brochure sur le SI* sera prête en français et en anglais en temps utile avant la réunion de la CGPM en 2018.

L'activité actuelle du CCU sur les grandeurs sans dimension et les grandeurs de comptage vise à ce que cette question soit réglée dans la 9^e édition de la *Brochure sur le SI*. À cette fin, il est nécessaire de mettre en place, synchroniser et harmoniser une approche systématique, avec des efforts effectués en parallèle par l'ISO TC 12, au sein duquel ce travail est déjà en cours.

La façon de publier la 9^e édition de la *Brochure sur le SI* reste à décider, l'idée étant d'utiliser au mieux les nouveaux médias et les nouvelles applications web (pour téléphones mobiles, tablettes, etc.). Cela facilitera en premier lieu l'accès du public le plus large possible au SI et cela permettra, en second lieu, de maintenir de façon simple la *Brochure sur le SI* qui sera mise à jour de façon constante. Le nombre de copies imprimées devrait être réduit de façon conséquente.

Parmi les défis du CCU au-delà de 2018 figurent les suivants :

- suivre les avancées des horloges optiques qui ne cessent d'être améliorées et conseiller le CIPM sur l'application de leurs résultats à la définition de la seconde du SI ;
- considérer s'il est nécessaire d'inclure de façon systématique les grandeurs physiologiquement pondérées ;
- suivre la préparation des futures mises en pratique qui sont discutées par les Comités consultatifs et, de manière croissante, par les parties prenantes et notamment les organismes de normalisation, en envisageant d'élaborer une stratégie concernant leur approbation et leur publication appropriée.

Données sur le CCU

CCU établi en 1964

Président : J. Ullrich

Secrétaire exécutive : C. Thomas

Composition :

17 membres (10 organisations internationales et 7 laboratoires nationaux de métrologie) plus deux membres à titre personnel et un membre honoraire, aucun observateur

Réunions depuis la 24^e réunion de la CGPM : 11-12 juin 2013

CGPM :

Un groupe de travail :

- Angles et grandeurs sans dimension

11. Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI (Projet de résolution A)

M. Ullrich poursuit en présentant le Projet de résolution A « Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI » et en expliquant le contexte des nouvelles définitions proposées des unités. Le kilogramme est actuellement défini à partir d'un artefact, le prototype international du kilogramme, dont la stabilité ne peut être vérifiée de manière indépendante. Les définitions de trois autres unités de base du SI (l'ampère, la mole et la candela) dépendent également du kilogramme. Le kelvin est quant à lui défini à partir d'une propriété d'un matériau, le point triple de l'eau, qui n'est pas reliée de façon cohérente au SI. Cette situation, qui n'est pas idéale pour cinq des sept unités de base du SI, a conduit le CIPM à élaborer en 2005 la Recommandation 1 (CI-2005) « Étapes préalables à de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole en fonction de constantes fondamentales », puis la Résolution 12 « Sur l'éventuelle redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités (SI) » adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) et la Résolution 1 « Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI » adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011). Ces résolutions ont été les éléments précurseurs d'un nouveau système où les unités seront définies en fixant les valeurs numériques des « constantes de définition du SI », à savoir la fréquence de la transition hyperfine dans l'état fondamental de l'atome de césium, la vitesse de la lumière dans le vide, la constante de Planck, la charge élémentaire (c'est-à-dire la charge d'un proton), la constante de Boltzmann, la constante d'Avogadro, et l'efficacité lumineuse du rayonnement d'une source monochromatique.

M. Ullrich présente les constantes de définition et décrit les nouvelles propositions de définition de la seconde, du mètre et du kilogramme. Les nouvelles définitions seront rédigées en utilisant un format cohérent de définitions à constante explicite, ce qui permettra de répondre à la préoccupation selon laquelle leur formulation est trop compliquée. Le SI ainsi révisé constituera un système fondamentalement amélioré qui présentera les avantages décrits ci-après. La définition de chaque unité contiendra un « ensemble » de « constantes de définition ». Par ailleurs, chaque unité pourra être réalisée de différentes manières : par exemple, pour le kilogramme, les mesures d'un cristal en silicium, les mesures de la constante d'Avogadro et l'expérience de la balance du watt pourront être utilisées. Les mises en pratique pourront être effectuées sur une échelle entière, par exemple pour des masses de moins de 1 kg. En outre, les unités électriques seront à nouveau pleinement intégrées au SI. Si l'amélioration des expériences existantes ou le développement de nouvelles expériences permet dans le futur de réaliser une unité d'une manière plus appropriée, il sera possible de tirer parti de ces progrès sans avoir à modifier de nouveau les définitions des unités ; la traçabilité des mesures pourra être assurée avec une exactitude qui ne sera limitée que par les techniques les plus avancées du moment, sans qu'il ne soit requis de changer les définitions des unités.

La prochaine étape de la révision du SI consiste à assurer la continuité et la praticabilité du SI, ce qui requiert des travaux supplémentaires sur les constantes de définition. La valeur numérique de la charge électrique est déjà connue avec une incertitude relative de 10^{-8} , ce qui est suffisamment précis pour les redéfinitions. Le travail sur la constante de Planck, la constante d'Avogadro et le kelvin se poursuit.

M. Ullrich donne lecture du Projet de résolution A dont le texte est disponible dans la *Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion)* (voir Annexe A).

Le président de la CGPM remercie M. Ullrich pour son rapport sur le CCU et sa présentation sur le Projet de résolution A et ouvre la discussion sur ces deux points.

M. Miki (Japon) remercie l'ensemble des Comités consultatifs et des personnes impliquées dans la préparation de la révision du SI et fait des commentaires sur le Projet de résolution A. Il est d'avis que les nouvelles définitions seront difficiles à comprendre pour le grand public, voire pour certains experts. La Résolution 1 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) comprend une partie de texte qui encourage le CIPM à poursuivre ses efforts pour obtenir de meilleures formulations des définitions pour le grand public. Selon M. Miki, l'idée d'inclure cette exigence dans la résolution est toujours valable car il reste encore un certain nombre d'années avant que les définitions ne soient adoptées, et il est très important de rendre le nouveau système d'unités aussi clair et compréhensible que possible : M. Miki propose d'ajouter du texte au Projet de résolution A en ce sens. M. Ullrich répond que le CCU est en train de mettre en place des ressources distinctes pour expliquer les redéfinitions aux parties intéressées, qu'il s'agisse d'étudiants ou de personnes ayant des connaissances techniques. Des lignes directrices et d'autres ressources, telles que des applications, seront développées pour l'ensemble des utilisateurs finaux et parties prenantes afin que les redéfinitions soient aussi compréhensibles que possible.

M. Zvizdic (Croatie) remercie M. Ullrich pour sa présentation. Il constate avec satisfaction que les préoccupations soulevées par la Croatie lors de la 24^e réunion de la CGPM concernant la formulation des redéfinitions dans les projets de résolution ont été prises en considération. Il félicite par ailleurs le CCU des initiatives qu'il prend pour expliquer les redéfinitions aux étudiants de tous niveaux.

M. Steele (Canada) félicite M. Ullrich pour sa présentation et souligne les efforts considérables fournis par la communauté de la métrologie et le grand succès auquel elle est parvenue en très peu de temps pour atteindre ce niveau de cohérence alors que cela était considéré au départ comme une tâche incroyablement difficile. Cela reflète, selon lui, la collaboration, l'ouverture d'esprit et les

compétences de l'équipe de scientifiques du monde entier qui travaillent sur ce sujet ; généralement, les personnes extérieures à la communauté de la métrologie ne perçoivent pas combien ces expériences sont difficiles. En 2013, *Nature* a publié une liste des 10 expériences les plus difficiles à réaliser. La détermination de la constante de Planck est arrivée seconde de cette liste, derrière les expériences du CERN pour mettre en évidence le boson de Higgs. Par ailleurs, le travail effectué par la CGPM, le CIPM et le CCU pour populariser les redéfinitions et aller au-delà des réalisations primaires de laboratoire traduit l'évolution de la stratégie et du rôle de la vaste communauté de la métrologie à l'échelle mondiale pour le commerce et l'éducation. M. Ullrich répond à ces commentaires en remerciant les laboratoires nationaux de métrologie des immenses efforts qu'ils ont fournis afin d'améliorer la détermination de ces valeurs des constantes.

Mme Santo (Uruguay) souligne le travail majeur qui a été accompli par de nombreux laboratoires nationaux depuis la dernière réunion de la CGPM en 2011 pour que de nouvelles définitions des unités puissent être adoptées. Elle demande combien de temps cela prendra pour résoudre les problèmes techniques qui demeurent concernant les définitions du kilogramme et du kelvin. M. Ullrich a bon espoir que ces problèmes seront résolus dans les deux à trois prochaines années.

M. Sacconi (Italie), en qualité de président du Comité consultatif des longueurs (CCL), évoque la définition du mètre qui est fondée sur une constante physique depuis plus de 30 ans, ce qui a ouvert la voie aux autres redéfinitions. Il félicite le CCU pour son travail de communication sur les redéfinitions auprès d'un public aussi large que possible. M. Ullrich constate que le succès obtenu par la communauté des longueurs, la définition du mètre permettant de mesurer aussi bien des nanomètres que des distances astronomiques, encourage la communauté de la métrologie à aller de l'avant dans la révision du SI. Il répète qu'informer un public aussi large que possible au sujet des redéfinitions est une tâche primordiale pour le CCU.

12. Rapport du président du CCM

M. Richard, président du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), présente son rapport sur les activités du CCM depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

Le CCM dispose de groupes de travail actifs qui couvrent des domaines métrologiques variés, tels que la réalisation de l'unité de masse, la dissémination de l'unité de masse, la masse volumique et la viscosité, la force et le couple, la pression et le vide, le débit de fluides, la dureté et l'accélération gravitationnelle. Il revient au Groupe de travail du CCM sur la stratégie de donner des orientations quant à la coordination et à l'harmonisation de ces différentes activités.

La plus grande part de l'activité du CCM consiste actuellement à préparer la transition de l'actuelle définition du kilogramme à une nouvelle définition : une feuille de route a été élaborée afin d'organiser le travail requis.

Bien que tous les groupes de travail du CCM ne soient pas affectés par ce changement, tous ont pour mission d'améliorer les aptitudes techniques existantes ou de développer de nouvelles aptitudes.

Domaine de compétence du CCM

Les activités du CCM concernent les questions liées aux comparaisons d'étalons de masse par rapport au prototype international du kilogramme, aux éléments ayant une répercussion sur la définition et la réalisation de l'unité de masse, à l'établissement de l'équivalence internationale entre les laboratoires nationaux pour la masse et pour un certain nombre de grandeurs apparentées (masse volumique, pression, force, débit de fluides, viscosité, dureté, accélération gravitationnelle), ainsi que les conseils donnés au CIPM sur les activités précédemment mentionnées.

Stratégie

Lorsqu'il a été demandé à chacun des Comités consultatifs d'élaborer une stratégie cohérente afin d'atteindre plus efficacement ses objectifs, le CCM était, temporairement, sans président. Le précédent président avait démissionné de ses fonctions et un successeur devait être nommé. Le CCM ne disposait pas non plus, à ce moment-là, de Groupe de travail sur la stratégie. Un Groupe de travail a donc été créé afin de remédier à cette situation et un président par intérim a été nommé afin que la stratégie du CCM puisse être élaborée. Le président nommé par intérim est devenu président du CCM.

Le Groupe de travail du CCM sur la stratégie, présidé par le président du CCM, est composé des présidents des groupes de travail du CCM, ainsi que de deux membres conseillers sélectionnés par le président du CCM. Les présidents des comités techniques concernés des organisations régionales de métrologie sont invités à participer aux réunions du Groupe de travail sur la stratégie.

Les principaux thèmes, défis et actions décrits dans le document de stratégie publié par le CCM (<http://www.bipm.org/utis/en/pdf/CCM-strategy-document.pdf>) sont les suivants :

- réorganiser la structure des groupes de travail du CCM afin de parvenir à une plus grande efficacité ;
- simplifier les termes de référence des groupes de travail du CCM ;
- préparer avec soin la redéfinition du kilogramme ;
- suivre les développements techniques dans les domaines du CCM qui ne sont pas directement affectés par la redéfinition du kilogramme ;
- identifier les problèmes structurels qui retardent la publication des comparaisons clés et contribuer à les résoudre ;
- assurer la liaison avec les organisations régionales de métrologie ;
- approuver de façon définitive les rapports de comparaisons clés produits par le CCM, ainsi que les rapports des organisations régionales de métrologie liés aux travaux du CCM.

Plusieurs de ces points sont présentés dans les sections suivantes.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Principales activités

Le CCM a organisé, les 21 et 22 novembre 2012, un atelier sur la mise en pratique de la (nouvelle) définition du kilogramme qui a été un succès. Un large éventail de parties prenantes ont pu exprimer leur point de vue et de nombreux rapports techniques ont été présentés et discutés. Le compte rendu de l'atelier et la majorité des présentations sont disponibles sur les pages internet du CCM sur le site du BIPM, <http://www.bipm.org/metrologie/mass/>. Les conclusions auxquelles sont parvenus les participants de l'atelier ont été discutées par le CCM lors de sa réunion plénière des 21 et 22 février 2013. Cette réunion a permis au CCM de progresser concernant la rédaction d'une mise en pratique et la formulation de la Recommandation G1 (2013) du CCM « Sur une nouvelle définition du kilogramme ». Cette recommandation a été officiellement communiquée au CIPM et les tâches qui y sont décrites ont été intégrées à la feuille de route du CCM dont l'étape finale, c'est-à-dire la redéfinition du kilogramme, est prévue en 2018.

L'atelier a par ailleurs mis en lumière la nécessité d'informer la plupart des laboratoires nationaux de métrologie qui ne disposeront pas de leur propre réalisation primaire de la nouvelle définition, ainsi que les utilisateurs finaux en matière d'étalonnage de masse, des éventuelles répercussions de la redéfinition du kilogramme. Cette tâche apparaît dans la feuille de route sous l'activité « Consultation / annonce ».

Afin de faire connaître au niveau international les enjeux du projet de redéfinition du kilogramme, le président du CCM a participé en 2013 et en 2014 à divers séminaires et a donné des présentations en Chine (2), aux Émirats arabes unis (2), en Suisse (2), ainsi qu'au Brésil pour la Conférence de 2014 sur les mesures électromagnétiques de précision (CPEM). Le secrétaire exécutif par intérim du CCM a fait une présentation générale lors de l'atelier « kilogram NOW » organisé en 2013 en Italie ; il a assuré la présentation inaugurale de l'atelier du CCQM sur la redéfinition de la mole qui s'est tenu en 2014 et a donné un exposé lors d'une réunion de l'IUPAC en 2014 sur le projet de redéfinition de la mole.

Par ailleurs, la structure du CCM a été rationalisée. En fusionnant les groupes de travail existants qui partageaient des intérêts communs et avaient une composition similaire, le nombre de groupes de travail a été réduit de 14 à 9 au cours des deux années passées.

Un document concis présente désormais de façon claire le processus du CCM pour approuver les rapports finaux de comparaisons clés du CCM et d'organisations régionales de métrologie, ainsi que ceux de comparaisons supplémentaires d'organisations régionales de métrologie. Ce document est accessible à l'adresse : http://www.bipm.org/utls/en/pdf/CCM_Guidelines_on_Final_Reports.pdf.

Le laboratoire national de métrologie brésilien, INMETRO, est devenu observateur du CCM en 2013.

En février 2014, des ateliers dans les domaines de la pression et du vide ont été organisés au siège du BIPM. La session sur l'état actuel de la recherche et du développement technique en métrologie des hautes pressions a permis d'examiner quels étaient les moteurs de la recherche et du développement dans le domaine de la pression, par le biais notamment de la présentation des programmes en recherche et développement de quatre laboratoires nationaux de métrologie et d'un projet européen commun en métrologie de la pression.

Le Groupe de travail du CCM sur le débit de fluides a mis en ligne sur le site internet du BIPM des directives concernant l'incertitude des CMCS et celle des rapports d'étalonnage (document « Guidelines for CMC Uncertainty and Calibration Report Uncertainty » en accès libre) qui ont été

approuvées en 2013. En juin 2014, le Groupe de travail a tenu une téléconférence organisée par le BIPM : les participants ont pu échanger par téléphone tout en suivant les présentations qui pouvaient être téléchargées sur les pages en accès restreint du CCM consacrées au Groupe de travail sur le débit de fluides. L'un des sujets de discussion importants a été de savoir comment exploiter au mieux les résultats d'une comparaison lorsque l'étalon voyageur ne se comporte pas comme prévu. De façon plus large, cette question présente de l'intérêt pour le CCM dans son ensemble et, peut-être, pour les autres Comités consultatifs.

Le CCM et la Commission 2 « Gravity Field » de l'Association internationale de géodésie (AIG) ont approuvé de façon provisoire un important document de stratégie, qui existe désormais dans sa version finale. Le principal objectif de ce document, dont l'initiative revient au président du CCM, est de coordonner et d'harmoniser les activités effectuées par les deux entités. Cela permettra de contribuer à assurer la traçabilité au Système international d'unités (SI) des mesures gravimétriques effectuées au plus haut niveau d'exactitude, dans l'intérêt des communautés de la métrologie et de la géodésie, dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA).

En novembre 2013, dans le cadre d'une activité connexe, la deuxième comparaison clé CCM.G-K2 de mesures de l'accélération gravitationnelle en chute libre a été conduite au Laboratoire souterrain de géodynamique de Walferdange, WULG (Luxembourg) : elle a été organisée par le Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie et pilotée par le METAS (Suisse). L'aptitude à mesurer l'accélération gravitationnelle en chute libre est notamment importante pour réaliser la nouvelle définition du kilogramme à l'aide d'une balance du watt.

Les résultats de la comparaison clé CCM.M-K4 ont été récemment publiés. Cette comparaison d'étalons de masse de 1 kg en acier inoxydable a été organisée par le Groupe de travail du CCM sur la dissémination du kilogramme et pilotée par le BIPM. Les résultats et conclusions sont particulièrement intéressants dans le contexte de la redéfinition du kilogramme. Seize laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM y ont participé : les résultats de tous les participants, sauf un, sont en accord dans les limites attendues. Néanmoins, après avoir examiné minutieusement les résultats, les auteurs du rapport de comparaison ont formulé plusieurs recommandations très utiles visant à améliorer le processus de dissémination du kilogramme du BIPM.

Défis et difficultés

La communauté de la métrologie des masses doit relever des défis majeurs concernant la mise en œuvre de la redéfinition du kilogramme. Pour nombre de ces défis, l'une des étapes de la feuille de route du CCM constitue la solution. Les différentes communautés qui ont des préoccupations légitimes à ce sujet sont, en résumé, les suivantes : les laboratoires nationaux de métrologie qui ont mis au point une réalisation appropriée de la nouvelle définition du kilogramme ; ceux travaillant sur une telle réalisation ; tous les autres laboratoires nationaux de métrologie ; la communauté de la métrologie légale ; les fabricants de balances et de poids ; la communauté des organismes de réglementation ; les enseignants en science ; ainsi que le public intéressé.

Par ailleurs, un certain nombre de questions techniques doivent être résolues avant de redéfinir le kilogramme. La première phase de la campagne extraordinaire d'étalonnages à l'aide du prototype international du kilogramme et de ses six témoins a permis de démontrer que le prototype international du kilogramme et ses témoins constituent un ensemble cohérent de masses ; toutefois, les mesures ont également montré une dérive de la masse des étalons utilisés par le Département des masses du BIPM par rapport à celle du prototype international et de ses témoins depuis la troisième

vérification périodique qui s'est achevée en 1992. Un groupe international d'experts, ou « groupe de soutien », a été établi afin de conseiller le directeur du BIPM sur toute question concernant ce travail.

Lors de la deuxième phase de la campagne extraordinaire, il est prévu que les laboratoires nationaux de métrologie travaillant sur la détermination de la constante de Planck envoient au BIPM des étalons de masse de 1 kg pour étalonnage. Les techniques mises au point pour ces mesures de h seront probablement utilisées comme réalisations primaires de la nouvelle définition du kilogramme.

Les activités du CCM couvrent un large éventail d'intérêts, comme le reflète la diversité de ses groupes de travail techniques. Seul un petit nombre de ces groupes de travail sont fortement concernés par la redéfinition du kilogramme, c'est pourquoi il est important de prêter attention à d'autres thèmes majeurs tels que la métrologie des mesures dynamiques de force et de pression ou les nouveaux instruments spécifiques à d'autres domaines techniques.

D'autres difficultés plus courantes doivent également continuer à être examinées. Il s'agit par exemple de réduire les retards qui peuvent survenir lors de la conduite de comparaisons clés et lors de la production des rapports de leurs résultats.

Perspectives à court terme et à long terme

À la fin de l'année 2015, le CCM aura tenu sa 15^e réunion (26-27 février 2015) à la suite des réunions de la plupart de ses groupes de travail (organisées plus tôt la même semaine), dont celui sur la stratégie. Les principaux objectifs de cette réunion plénière du CCM sont les suivants :

- approuver de façon définitive la mise en pratique de la (nouvelle) définition du kilogramme ;
- examiner les résultats disponibles obtenus lors de la campagne extraordinaire d'étalonnage effectuée par le BIPM à l'aide du prototype international du kilogramme et de ses six témoins ;
- examiner si les conditions requises par le CCM pour redéfinir le kilogramme, telles que fixées dans la Recommandation G1 (2013) du CCM, sont remplies.

Afin que cette session plénière du CCM soit menée de manière efficace, il sera demandé à chaque membre du CCM de rédiger un rapport succinct sur les activités scientifiques pertinentes ayant été menées et de le soumettre préalablement à la réunion.

Avant la fin de l'année 2017, le CCM espère terminer une étude pilote du CCM visant à démontrer que la nouvelle définition du kilogramme peut être réalisée et disséminée conformément à sa mise en pratique. En outre, la prochaine conférence de la série de conférences internationales du CCM sur la métrologie de la pression et du vide, qui est un succès, se tiendra dans les mêmes délais.

Un numéro spécial de *Metrologia*, constitué d'articles techniques visant à soutenir la mise en pratique de la nouvelle définition du kilogramme, est en cours de préparation et devrait être publié début 2017.

Sur le long terme, c'est-à-dire à compter de 2018, le CCM espère renforcer l'infrastructure sur laquelle se fonde la nouvelle définition du kilogramme en contribuant à atteindre les objectifs suivants :

- terminer les différentes tâches présentées dans la feuille de route ;
- garantir la disponibilité permanente d'un nombre suffisant de réalisations primaires de l'unité de masse ;
- garantir l'établissement et le maintien au BIPM d'un ensemble d'étalons de masse de référence afin de faciliter la dissémination de l'unité de masse ;

- développer des étalons de masse qui pourront être utilisés à la fois dans l'air et dans le vide et qui n'interagissent pas de façon conséquente avec les champs magnétiques d'une balance du watt ;
- développer des appareils permettant de réaliser le kilogramme à partir de la constante de Planck qui soient moins onéreux et plus facilement manipulables et qui soient utilisés par les laboratoires nationaux de métrologie ;
- continuer à développer les activités scientifiques et techniques des groupes de travail du CCM conformément à la stratégie du CCM et aux plans d'action de ses groupes de travail.

Données sur le CCM

CCM établi en 1980

Président : P. Richard

Secrétaire exécutif : R. Davis (par intérim)

Composition :

22 membres et 5 observateurs

Réunions depuis la 24^e réunion de la CGPM :

21-22 février 2013

Neuf groupes de travail :

- Stratégie
- Réalisation du kilogramme
- Dissémination du kilogramme
- Masse volumique et viscosité
- Force
- Pression et vide
- Débit de fluides
- Dureté
- Gravimétrie

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s)	En cours	Programmée(s)
Comparaisons clés du CCM (et comparaisons supplémentaires)	81	4	12
Comparaisons du BIPM	0	0	0
Études pilotes du CCM	1	1	2
CMCs	2 779 CMCs dans 66 catégories de service publiées dans la KCDB		

Le président de la CGPM remercie M. Richard pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport du président du CCM ne fait l'objet d'aucune question.

13. Rapport du président du CCEM

M. Inglis, président du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), présente son rapport sur les activités du CCEM depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

La métrologie électrique et magnétique couvre un domaine très vaste fondé sur un grand nombre d'étalons de mesure permettant de réaliser plusieurs unités dérivées et rapports de grandeurs électriques. Au cours des trois années passées, le CCEM a examiné les défis majeurs qui seront à relever dans les dix années à venir dans le domaine de l'électromagnétisme et a élaboré un plan stratégique. Il a, par ailleurs, continué à suivre les progrès effectués concernant les méthodes de réalisation du kilogramme et à préparer la proposition de redéfinition des unités du SI. Une mise en pratique a été rédigée pour l'unité électrique de base du SI, l'ampère, et pour les unités électriques dérivées. Le CCEM est conscient de l'impact que la redéfinition des unités aura au sein de la communauté des parties prenantes dans le domaine de l'électricité et a ainsi établi un sous-groupe de travail *ad hoc* spécifique qui a pour mission d'étudier les implications des nouvelles définitions et les moyens de communiquer de façon efficace à leur sujet. Le programme de comparaisons clés et la coordination du processus d'examen des CMCs demeurent des activités principales du CCEM. Le CCEM a pris des initiatives pour réduire la charge de travail liée à ces activités afin de gagner en efficacité. Il a par ailleurs évalué quelles étaient ses perspectives à court terme et à long terme.

Domaine de compétence du CCEM

Le CCEM a pour responsabilité d'apporter des conseils au CIPM sur tous les sujets se rapportant aux étalons de mesure dans le domaine de l'électricité et du magnétisme, ainsi que d'examiner le programme de travail du Département de l'électricité du BIPM et de conseiller le CIPM à ces sujets.

L'électricité est omniprésente dans notre vie quotidienne et la métrologie électrique couvre un vaste domaine qui implique de nombreuses grandeurs et requiert de nombreux étalons de mesure d'unités dérivées et de rapports de grandeurs électriques. Il s'agit par exemple de mesurer une tension, un courant, une résistance, une capacité, une inductance, une puissance, un rapport de transformation, un transfert courant continu/courant alternatif, l'intensité d'un champ électrique ou magnétique, des facteurs d'antennes, des paramètres de répartition des radiofréquences (paramètres S). Dans de nombreux cas, ces grandeurs couvrent un très large intervalle (des nanovolts aux mégavolts par exemple). De plus, nombre de ses grandeurs varient en fonction de la fréquence, depuis le courant continu jusqu'aux radiofréquences, et nécessitent l'utilisation de différentes techniques selon l'intervalle de fréquences sur lequel elles sont mesurées.

La fiabilité des mesures des grandeurs électriques est la base pour obtenir des résultats de mesure dans de nombreux autres domaines car la plupart des instruments de mesure modernes ont recours à des transducteurs de signaux électriques et aux techniques de traitement du signal. L'électricité constitue la deuxième source de la consommation mondiale totale d'énergie.

Il n'existe aucune réalisation directe de l'ampère, l'unité de base du SI pour l'électricité. Le CCEM a ainsi pour mission d'assurer la réalisation et la conservation de l'ampère à partir d'unités électriques

dérivées. Le CCEM organise les comparaisons clés des grandeurs électriques requises sur une large gamme d'amplitudes et de fréquences. En raison des technologies très différentes requises dans les domaines des basses fréquences et des radiofréquences, le travail technique du CCEM est pris en charge par deux groupes de travail distincts : celui sur les basses fréquences et celui sur les radiofréquences.

Dans le cadre du CIPM MRA, le CCEM établit la liste des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages reconnues au niveau international (c'est-à-dire les catégories de services des CMCs) dans les domaines de l'électricité et du magnétisme. Le CCEM, particulièrement conscient de la charge de travail que requiert le CIPM MRA, tend à rationaliser le processus d'examen international pour les CMCs en électricité et magnétisme soumises par les laboratoires nationaux de métrologie.

Le CCEM étudie quelles seront les conséquences découlant des redéfinitions proposées de certaines unités de base du SI, dans lesquelles les effets quantiques électriques jouent un rôle central, et identifie les défis majeurs de la métrologie électromagnétique dont les laboratoires membres du CCEM tiennent compte dans leur planification stratégique.

Stratégie

Afin de répondre à une demande du CIPM, un document sur la stratégie du CCEM a été préparé de fin 2012 à début 2013 par un sous-groupe de travail nommé par le président du CCEM. Ce document se concentre sur deux points principaux : les futurs défis techniques en électromagnétisme et les besoins à venir en matière de comparaisons clés. Il contient une annexe intitulée « Big Problems in Electromagnetics » qui décrit les défis techniques majeurs que le CCEM prévoit pour les dix prochaines années dans le domaine de l'électromagnétisme. Cette annexe, qui sera régulièrement mise à jour, a pour thèmes principaux : la mono électronique, la mono photonique, les tensions et résistances électriques quantiques, le kilogramme électronique, la nanobioélectronique, l'électronique moléculaire, l'électronique de spin, le nanomagnétisme, la métrologie des terahertz et sa traçabilité, et les effets physiologiques liés aux champs magnétiques nés de courants continus et alternatifs.

Le document de stratégie identifie également quatre défis principaux pour le CCEM :

- réduire la charge de travail liée au CIPM MRA, en particulier en ce qui concerne l'examen et la conservation des CMCs ;
- gérer le changement attendu de l'amplitude du volt causé par la redéfinition de certaines unités de base du SI, ce qui aura des répercussions importantes pour certaines parties prenantes ;
- soutenir le développement d'étalons quantiques électriques plus polyvalents et plus largement disponibles ;
- soutenir la métrologie électrique dans des domaines émergents qui évoluent rapidement.

Le CCEM comprend actuellement cinq groupes de travail : un groupe supervise le programme de comparaisons dans le domaine des basses fréquences et un autre celui dans le domaine des radiofréquences, un groupe coordonne les procédures liées au CIPM MRA entre les organisations régionales de métrologie, et deux groupes sont en charge des divers aspects de la redéfinition des unités (l'un sur le SI, l'autre sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme). Par ailleurs, le CCEM a mis en place un sous-groupe de travail *ad hoc* chargé d'informer la communauté des parties prenantes dans le domaine de l'électricité des implications des redéfinitions proposées. Le CCEM revoit régulièrement les activités de ses

groupes de travail : la structure actuelle est considérée appropriée. Le Groupe de travail du CCEM sur la stratégie a été dissous après la rédaction du rapport « Big Problems in Electromagnetics ».

La liste des comparaisons clés est régulièrement revue par le CCEM : elle a ainsi fait l'objet d'un examen plus approfondi afin de répondre à un objectif de l'exercice de planification stratégique. Ce travail n'a engendré que peu de changements concernant la première série de comparaisons clés, à l'exception d'une activité dans le domaine des radiofréquences, à savoir le remplacement d'une comparaison de tensions électriques par une comparaison de formes d'ondes.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Principales activités

Le CCEM a préparé une mise en pratique des unités électriques, qui fait l'objet de révisions régulières, et a discuté des conséquences de la redéfinition à venir de quatre des unités de base du SI sur les unités électriques. Actuellement, le volt et l'ohm sont des unités dérivées réalisées à partir de deux étalons basés sur des effets quantiques macroscopiques, l'étalon de tension à effet Josephson et l'étalon de résistance de Hall quantifiée. Les équations définissant ces deux effets comprennent deux constantes, la constante de Josephson et la constante de von Klitzing, pour lesquelles le CIPM a recommandé en 1990 les valeurs « conventionnelles » à utiliser. Du fait de la redéfinition de certaines unités du SI, ces valeurs « conventionnelles » seront abandonnées et remplacées par les valeurs SI de ces constantes. Cela conduira à un changement relatif de près de 1×10^{-7} de la valeur du volt, par définition, ce qui sera significatif pour certaines parties prenantes (telles que les fabricants d'instruments). En 2014, le sous-groupe de travail créé par le CCEM pour examiner les implications de ce changement a fait des présentations à ce sujet lors de la conférence du NCSLI et de la Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM), et un article a été publié dans *Measure*. Le CCEM a étudié la proposition du CCU concernant la nouvelle définition de l'ampère et a soumis ses commentaires.

Le Groupe de travail du CCEM sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme organise régulièrement des réunions regroupant des scientifiques spécialistes de l'expérience de la balance du watt. Des représentants du projet de collaboration internationale Avogadro sont également conviés à ces réunions qui se tiennent souvent en même temps que la CPEM. Ainsi, les scientifiques travaillant sur ces expériences peuvent échanger sur différents sujets techniques de manière approfondie.

En 2013, le CCEM était le Comité consultatif ayant le plus grand nombre de CMCs (environ 7 100) enregistrées dans la KCDB. Ce chiffre élevé reflète l'ampleur du domaine que couvre la métrologie de l'électromagnétisme. Le CCEM a discuté de la façon de simplifier et de rationaliser l'examen et la conservation des CMCs et un certain nombre de recommandations ont été formulées afin de faciliter la procédure d'examen :

- Les organisations régionales de métrologie ont été encouragées à coopérer les unes avec les autres lors de l'examen de nouveaux ensembles de CMCs. Il n'est pas nécessaire que toutes analysent le même ensemble de CMCs. Les organisations régionales de métrologie (par le biais des présidents des comités techniques concernés) devraient communiquer entre elles afin de partager les responsabilités ou décider quelles sont celles qui participeront à un examen particulier.
- Des délais plus courts ont été approuvés afin d'accélérer la procédure d'examen des CMCs.

En outre, il a été convenu de simplifier la présentation des CMCs. Dans de nombreux cas, des CMCs peuvent être regroupées dans un seul tableau de CMCs, avec un ou deux paramètres indépendants. La mise en œuvre de cette approche par l'EURAMET a conduit à une réduction de près de 1 600 CMCs. L'APMP a suivi la même approche en 2014.

Depuis la dernière réunion de la CGPM, le CCEM a approuvé trois comparaisons clés du CCEM et 7 comparaisons clés d'organisations régionales de métrologie, et examiné 15 comparaisons supplémentaires d'organisations régionales de métrologie. Le Département de l'électricité du BIPM a effectué 18 comparaisons bilatérales au cours de cette période.

La première série de comparaisons clés en électricité et magnétisme est achevée pour l'essentiel et les besoins en comparaisons d'une seconde série ont été étudiés avec soin. Dans le domaine des mesures aux basses fréquences, la liste existante de comparaisons clés est considérée comme appropriée (avec quelques modifications mineures de certains paramètres) et il a été décidé de répéter les comparaisons au cours des dix prochaines années. Dans le domaine des mesures aux radiofréquences, il est généralement impossible de répéter l'ensemble des comparaisons du fait de ressources limitées et du très grand nombre de grandeurs. Le CCEM a donné une plus haute priorité aux comparaisons dans les bandes de fréquences qui n'ont pas encore été couvertes. Les listes des futures comparaisons dans les domaines des basses fréquences et des radiofréquences ont été établies jusqu'en 2022. Les premières nouvelles comparaisons ont commencé ou sont en cours de préparation :

- CCEM-K2, résistance de valeurs élevées (10 MOhm, 1 GOhm)
- CCEM-K5, puissance en courant alternatif à 50/60 Hz
- CCEM-K13, harmoniques de puissance en courant alternatif
- CCEM-K4, capacité
- CCEM.RF-KXX, atténuation à 8 GHz, 26,5 GHz et 40 GHz

Chaque réunion du CCEM est une occasion pour les délégués de partager des informations sur la disponibilité d'équipements métrologiques essentiels, tels que les étalons quantiques (réseaux de jonctions Josephson et échantillons à effet Hall quantique) et les étalons traditionnels (convertisseurs thermiques à jonctions multiples par exemple). Lors des réunions, il est demandé aux intervenants de présenter les nouveaux développements métrologiques dans le domaine de l'électricité tout en respectant la politique du CCEM qui est de mettre l'accent sur la science. Ainsi, Antti Manninen du Centre for Metrology and Accreditation (Finlande) a fait une présentation sur les dispositifs de transport monoélectroniques intitulée « Progress in the Development and Application of Single Electron Transport Devices » lors de la dernière réunion du CCEM.

Défis et difficultés

Bien qu'il semble y avoir consensus par rapport au fait de répéter les comparaisons aux basses fréquences environ tous les 10 ans, les laboratoires membres du Groupe de travail du CCEM sur les grandeurs aux basses fréquences rencontrent des obstacles pour démarrer activement le processus de répétition des comparaisons clés. Parmi ces obstacles figurent : (1) un manque de ressources ressenti par les laboratoires nationaux de métrologie participants, en particulier par les laboratoires pilotes, pour répondre aux exigences des comparaisons, (2) le fait que les bénéfices techniques des comparaisons clés ne sont pas acceptés de façon universelle, et (3) une inquiétude par rapport à l'extrême difficulté pour mener une comparaison à son terme. Toutefois, la confiance internationale vis-à-vis des étalons de mesure et de la traçabilité établie par les laboratoires nationaux de métrologie

est un élément fondamental au bon fonctionnement du CIPM MRA et il est essentiel d'avoir un programme continu de comparaisons. Surmonter les obstacles identifiés par le Groupe de travail du CCEM sur les grandeurs aux basses fréquences nécessitera un important travail de planification afin d'assurer l'efficacité des comparaisons.

Au sujet des mesures dans le domaine des radiofréquences, le nombre de grandeurs pouvant faire l'objet d'une comparaison clé est très grand et il a été nécessaire de hiérarchiser les priorités pour pouvoir sélectionner un nombre gérable de comparaisons.

Comme mentionné précédemment, le nombre de CMCs en électricité et magnétisme est très important et la KCDB devient difficile à maintenir. Le nombre de lignes de CMCs a récemment été réduit de façon drastique suite au regroupement d'un grand nombre de lignes de CMCs en matrices d'incertitude.

Perspectives à court terme et à long terme

L'importance des comparaisons clés ne diminuera pas au cours de la prochaine décennie : elles assurent la réalisation continue et cohérente des unités du SI, démontrent la compétence permanente des laboratoires nationaux de métrologie et permettent d'améliorer les incertitudes dans le contexte d'une demande pour des mesures de plus grande exactitude. Ainsi, le travail et les comparaisons concernant les sept grandeurs clés identifiées par le Groupe de travail sur les basses fréquences et sur les sept grandeurs clés identifiées par le Groupe de travail sur les radiofréquences demeureront le sujet de préoccupation le plus important.

L'importance de développer des étalons quantiques ne peut être sous-estimée dans le domaine des mesures électriques aux basses fréquences : le déploiement de tels étalons offre la possibilité d'abandonner certaines comparaisons clés. Afin de répondre à une recommandation du CCEM, le BIPM a commencé, en 2013, une série de comparaisons bilatérales sur site d'étalons de résistance électrique à effet Hall quantique. Du fait de l'aptitude en matière de comparaisons directes d'étalons de tension électrique à effet Josephson offerte par le BIPM au niveau international, et par certains laboratoires nationaux dans leur région, le CCEM n'a pas besoin de conduire une comparaison d'étalons secondaires de tension. Le développement des étalons de résistance de Hall quantifiée à base de graphène pouvant travailler à des températures plus élevées permet d'envisager de disposer de résistances de Hall quantifiées moins complexes à mettre en œuvre qui seront utilisées de façon plus généralisée. Suite à la demande du CCEM, le BIPM reprend une série de comparaisons bilatérales sur site d'étalons de résistance électrique à effet Hall quantique afin d'étayer le développement de ces étalons. Les progrès se poursuivent également dans le développement de nouvelles applications à partir des étalons de tension électrique à effet Josephson, en particulier dans les domaines des puissances et des tensions en courant alternatif, ce qui pourrait nécessiter de nouvelles comparaisons dans le futur.

Le domaine de la transmission et de la distribution de l'énergie électrique est un secteur qui évolue rapidement et qui pourrait requérir le soutien métrologique du CCEM. Les *smart grids* (réseaux électriques intelligents) et les nouvelles lignes à ultra haute tension, en courant continu et alternatif, comptent parmi les éléments contribuant à faire croître la recherche métrologique.

Les mesures de précision de grandeurs variant rapidement présentent un intérêt accru pour l'industrie qui a besoin d'effectuer des mesures en temps réels pour contrôler les processus et effectuer des essais en ligne. Il est ainsi envisageable que les comparaisons de formes d'ondes de tension ou de courant électriques deviennent un sujet important d'étude pour le CCEM.

Alors que la révision proposée du SI n'implique pas directement de défis technologiques importants dans le domaine des mesures électromagnétiques, le besoin anticipé de mettre au point des balances du watt « d'exploitation courante » nécessitera de développer des étalons électriques plus fiables et plus économiques présentant des incertitudes les plus faibles possibles. En raison du besoin de disposer de mesures électromagnétiques de précision pour réaliser l'unité de masse, le CCEM devra continuer à jouer un rôle dans la redéfinition du kilogramme. Par ailleurs, le développement potentiel d'un étalon quantique de courant électrique ouvre de nouvelles possibilités passionnantes concernant la réalisation des unités du SI et le CCEM jouera également un rôle important en la matière.

Le domaine des propriétés électromagnétiques des matériaux constitue un autre domaine où il pourrait être nécessaire d'accroître les travaux métrologiques. Le Groupe de travail du CCEM sur les grandeurs aux radiofréquences conduit actuellement une étude pilote à ce sujet et il est possible qu'il soit nécessaire de lancer une activité dans ce domaine. Parmi les autres domaines émergents figurent les mesures des nanomatériaux dans le domaine des radiofréquences et des micro-ondes, les systèmes non-linéaires et multifonctions, les mesures sur puce, ainsi que les mesures de température de brillance (luminance énergétique spectrale dans le domaine des radiofréquences et des micro-ondes). Par ailleurs, les mesures dans le domaine des terahertz seront également de plus en plus nombreuses.

Remerciements

En tant que président du CCEM, je souhaite remercier les membres du personnel du BIPM pour le soutien et l'assistance qu'ils ont apportés au CCEM au cours de ces trois dernières années. Je tiens en particulier à souligner les efforts que n'ont cessé de déployer le secrétaire exécutif du CCEM, Michael Stock, les membres du Département de l'électricité du BIPM, et la coordinatrice de la KCDB, Claudine Thomas.

Données sur le CCEM

CCEM établi en 1927 (sous le nom de CCE, Comité consultatif d'électricité)

Président : B. Inglis

Secrétaire exécutif : M. Stock

Composition :

24 membres et 2 observateurs

Réunions depuis la 24^e réunion de la

14-15 mars 2013

CGPM :

Cinq Groupes de travail :

- Coordination des organisations régionales de métrologie
- Grandeurs aux basses fréquences
- Grandeurs aux radiofréquences
- Propositions de modifications à apporter au SI
- Utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s)	En cours	Programmée(s)
Comparaisons clés du CCEM (et comparaisons supplémentaires)	47 (dont 18 approuvées pour l'équivalence provisoire, avant 1999)	6	25 [jusqu'en 2022]
Comparaisons du BIPM		9 (en continu)	9 (en continu) + 1
Études pilotes du CCEM	1	1	2
CMCs	5 565 CMCs dans 194 catégories de service publiées dans la KCDB		

Le président de la CGPM remercie M. Inglis pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport du président du CCEM ne fait l'objet d'aucune question.

Le président de la CGPM précise qu'il sera absent lors de la deuxième séance car il doit, en tant que président de l'Académie des sciences, assister à une réunion, puis il clôt la première séance.

Deuxième séance – 18 novembre 2014 (après-midi)

M. Inglis, président du CIPM, préside la deuxième séance en l'absence du président de la CGPM.

14. « La mesure du temps » par C. Salomon, CNRS/LKB

M. Salomon, directeur de recherche au laboratoire Kastler Brossel (CNRS/LKB), Paris, fait une présentation invitée sur la mesure du temps. Il précise que c'est un grand honneur pour lui de faire cette présentation à Versailles, puis observe que la mesure du temps a fait des progrès spectaculaires au cours de la dernière décennie. La mesure du temps est au croisement de trois disciplines : la mécanique quantique, la relativité générale et la physique atomique. M. Salomon souligne l'importance du temps en citant Arthur Schawlow, prix Nobel de physique en 1981, qui conseillait à ses étudiants de ne jamais mesurer autre chose que la fréquence : « Never measure anything but frequency ».

M. Salomon rappelle de façon succincte l'histoire de la mesure du temps, du pendule de Galilée à l'horloge atomique, en précisant l'exactitude et les limites de chaque système puis en expliquant les principes de base des horloges atomiques. La mesure du temps a récemment gagné en exactitude de façon exponentielle, avec des améliorations d'un facteur dix tous les 10 ans. Les horloges optiques les plus récentes présentent une exactitude de 0,5 ps/jour, ce qui équivaut à une erreur inférieure à une seconde sur 5 milliards d'années. Ces horloges de très grande exactitude sont l'élément fondamental d'applications dont bénéficie l'ensemble de la société, telles que le Global Positioning System (GPS).

M. Salomon présente brièvement la définition de la seconde du SI. L'unité de temps est actuellement réalisée à l'aide de fontaines atomiques à césium : M. Salomon en décrit le principe de fonctionnement conçu par Norman Ramsey, prix Nobel de physique en 1989 pour ses travaux sur les horloges atomiques. Le signal d'interférence des fontaines à césium présente un motif oscillatoire avec une résonance étroite de 0,94 Hz. Les fontaines atomiques à césium ont une stabilité de fréquence inférieure à 10^{-16} après une durée moyenne de 5 à 10 jours, et une exactitude de quelques 10^{-16} . Il existe dans le monde un certain nombre de fontaines atomiques à césium dont les données sont transmises au BIPM pour le calcul du Temps atomique international (TAI), disséminé chaque mois dans la *Circulaire T* du BIPM.

Les horloges à réseau optique sont de développement récent et utilisent une fréquence de fonctionnement plus élevée. Les fontaines atomiques ont une fréquence de 10^{10} cycles par seconde, alors que les horloges optiques ont une fréquence de 10^{14} à 10^{15} cycles par seconde, ce qui a permis d'améliorer de façon significative la performance des horloges jusqu'à deux ordres de grandeur.

L'Agence spatiale européenne (ESA) et le CNES collaborent au projet Atomic Clock Ensemble in Space (ACES) qui a pour objectif d'installer une horloge à atomes refroidis, dérivée des fontaines atomiques à césium, sur la station spatiale internationale. Le projet intégrera également un maser à hydrogène et une liaison de haute qualité établie à partir de comparaisons de temps et de fréquence par aller et retour. Le système par aller et retour sur satellite permettra de compenser les perturbations dues à l'atmosphère. Le projet ACES, dont le lancement est prévu en juillet 2016, a trois objectifs majeurs : démontrer que les horloges à atomes de césium refroidis peuvent fonctionner dans l'espace avec une stabilité et une exactitude de 1×10^{-16} ; tester les principes de la physique fondamentale, en particulier l'effet Einstein ; et permettre un accès mondial au système de transfert de temps par satellite. Le projet reposera sur un réseau de terminaux de liaisons micro-ondes dans des laboratoires au sol répartis sur quatre continents. Les tests concernant le modèle de vol de l'horloge spatiale à atomes refroidis ont été achevés à Toulouse et les résultats transmis à l'ESA en juillet 2014.

M. Salomon rappelle que des progrès ont récemment été réalisés concernant les comparaisons de temps et de fréquence effectuées sur des distances continentales à l'aide de liaisons satellite et de la fibre optique. Une liaison par fibre optique de 920 km en Allemagne, entre l'institut Max Planck et la PTB, a été testée. Un signal d'horloge a été transmis sur cette distance sans dégradation avec une exactitude de quelques 10^{-19} . Il est prévu d'installer un réseau complet de fibres optiques en Europe, ce qui permettra d'effectuer des comparaisons de temps entre les meilleures horloges des laboratoires européens.

M. Salomon conclut sa présentation en indiquant que les horloges optiques présentent des fluctuations des données de temps de moins d'une picoseconde par jour. Cela pose la question de savoir si la seconde doit être redéfinie et, si tel est le cas, de quelle façon car les horloges optiques ont une exactitude meilleure de deux ordres de grandeur que l'actuelle définition de la seconde. La définition de la seconde est actuellement très satisfaisante mais il est possible de l'améliorer davantage. Il est possible de fournir à tout utilisateur intéressé des données de temps précises, obtenues par satellite et par fibre optique et présentant une exactitude de quelques picosecondes. L'effet Einstein peut être mesuré à une incertitude de quelques 10^{-16} . La mesure extrêmement précise du temps est perturbée par le potentiel gravitationnel terrestre. La solution est d'utiliser des horloges de référence situées dans l'espace où les fluctuations sont considérablement réduites, ce qui offre par ailleurs l'avantage d'améliorer les systèmes de navigation, la surveillance de la Terre et la géodésie.

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Salomon pour sa présentation et ouvre la discussion.

Il est demandé à M. Salomon de donner plus de précisions sur l'exactitude des données de comparaisons de fréquence par fibre optique. M. Salomon indique que les comparaisons de temps par fibre optique n'en sont qu'à leurs débuts. Les comparaisons de fréquence sont possibles et présentent une incertitude inférieure à 10^{-19} après un temps d'intégration de 20 000 secondes. Pour les comparaisons de temps, il est nécessaire de maintenir la phase pendant un long moment sans perturbation. Cela est suffisant pour les horloges actuelles. Pour les mesures de temps et la dissémination des données de temps, les travaux se poursuivent. Une stabilité de quelques picosecondes devrait être possible en utilisant la fibre optique. Les lasers à impulsions extrêmement brèves fournissent une autre technique nouvelle qui présente une erreur de 5 à 30 picosecondes seulement.

M. Fisk (Australie) remarque que lorsqu'il devient possible de faire des mesures absolues à un niveau d'incertitude de 10^{-19} à 10^{-20} , il est théoriquement possible d'observer des dérives des constantes fondamentales sur des périodes finies. Il demande si cela a été envisagé. M. Salomon répond qu'en effectuant des comparaisons d'horloges, il est possible de tester la constante de structure fine en répétant les mesures entre des horloges de nature et de sensibilité différentes. Le taux de variation peut être calculé à l'aide de la physique atomique. S'il y a un changement concernant alpha, l'utilisation de deux horloges optiques de masse très différente montrera une dérive relative entre les deux horloges. L'exactitude peut être améliorée en utilisant trois horloges. Si alpha dérive, il est possible de calculer le taux relatif de variation entre les horloges. Cela montrerait sans ambiguïté toute dérive potentielle des constantes fondamentales.

M. Milton considère cela intéressant de rappeler que le temps dépend de la localisation du potentiel gravitationnel au niveau de 10^{-16} par mètre. Il souligne que M. Salomon a mentionné que l'utilisation dans l'espace d'horloges exactes permet d'éviter ce problème et demande comment l'incertitude disparaît du fait de la variation de la localisation des satellites. M. Salomon répond qu'il y a un important décalage de fréquence mais que cette valeur peut être calculée à l'aide d'un modèle terrestre. Les fluctuations dues au niveau de la mer et à la pression atmosphérique, qui modifient le potentiel terrestre, disparaissent rapidement car elles sont très locales. À une orbite de 20 000 km, les fluctuations du potentiel terrestre sont très faibles si l'orbite est bien définie. On constate un important décalage qui doit être associé au modèle gravitationnel mais qui peut être calculé avec une incertitude suffisante.

15. Rapport du président du CCL

M. Sacconi, président du Comité consultatif des longueurs (CCL), présente son rapport sur les activités du CCL depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

La métrologie dimensionnelle, traçable au mètre du SI, étaye dans le monde entier les secteurs de la fabrication, de l'assemblage et de la construction, de l'échelle du nanomètre (nanosciences) à l'échelle macroscopique du mètre (industrie automobile, santé, ingénierie de précision), et au-delà (aérospatiale, construction navale, relèvements pour la cartographie). Les entreprises impliquées dans

le commerce international sont particulièrement attentives à la question de la traçabilité, en particulier lorsqu'elles s'approvisionnent dans le monde entier en composants et assemblages.

Au sein du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence, le CCL coordonne le travail sur les nouvelles réalisations du mètre à l'aide d'étalons optiques de fréquence ; par ailleurs il a pour objectif, par le biais de son Groupe de travail sur la nanométrie dimensionnelle, d'harmoniser les normes de référence, la terminologie et les différentes façons d'établir la traçabilité dans le domaine des nanosciences. Le CCL a aussi mis en place un certain nombre de groupes de discussion techniques, ouverts à des participants qui ne sont pas membres du CCL, où des spécialistes discutent des nouveaux étalons, des récents progrès scientifiques et des principales activités de recherche en cours aux niveaux régional et international dans le but d'optimiser l'échange d'informations et de soutenir la recherche coopérative.

En métrologie dimensionnelle, la majorité des laboratoires nationaux de métrologie ont désormais établi des services de mesure traditionnels, étayés par des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages qui reposent sur les résultats de comparaisons clés et supplémentaires validées. Afin de réduire les coûts liés à la mise en place des procédures du CIPM MRA et d'anticiper les problèmes que pourrait poser le soutien continu au CIPM MRA, le CCL a concentré son travail ces dernières années sur la mise en œuvre efficace du CIPM MRA. Ainsi, le CCL a développé, via son Groupe de travail sur le CIPM MRA, plusieurs stratégies afin de réduire la charge de travail liée au CIPM MRA pour les laboratoires membres du CCL tout en disposant de suffisamment de données pour étayer les CMCs. Les éléments stratégiques mis en place comprennent notamment un nouveau type de comparaisons interrégionales, un large éventail de guides pratiques, y-compris des modèles de rapports pour les laboratoires pilotant des comparaisons, deux réexamens du portfolio de comparaisons clés, deux ateliers sur les comparaisons (analyse et liaison des résultats), ainsi que des réunions régulières des groupes de travail du Comité.

Toutefois, l'orientation à venir du CCL vers de nouveaux domaines pourrait constituer un changement de paradigme. Parmi les nouvelles évolutions figurent les suivantes : développer la nanométrie dimensionnelle en 3D, soutenir le passage de l'industrie au balayage de surface sans contact (secteurs de la santé et de l'énergie), étendre la traçabilité de la métrologie en 3D à des dimensions plus grandes (aérospatiales, ingénierie civile de précision), compenser les effets d'indice de réfraction et les effets thermiques à différentes échelles, et résoudre les problèmes de traçabilité aux échelles nanométrique et subnanométrique (sciences avancées). La transition vers des mesures intégrées au processus de fabrication représente un changement de paradigme, qui s'écarte du rôle traditionnellement joué par les laboratoires d'étalonnage. Les nouveaux domaines, et les nouveaux besoins qu'ils feront naître, augmenteront la charge de travail du CCL et de ses membres au cours des années à venir.

Domaine de compétence du CCL

Les activités du CCL comprennent les mesures pratiques de longueurs et d'angles (jusqu'à la 3D et de l'échelle subnanométrique jusqu'à des dizaines ou centaines de mètres), les futurs étalons optiques de fréquence (pour la réalisation de la définition du mètre), ainsi que les conseils apportés au CIPM dans le domaine de la métrologie des longueurs. Le travail du CCL porte également sur des questions connexes telles que la science des surfaces à l'échelle nanométrique, les propriétés thermiques des artefacts et instruments, la compensation de l'effet de réfraction pour la propagation des faisceaux optiques, la physique des lasers, l'optique, l'instrumentation, l'interférométrie, la conception mécanique, les logiciels mathématiques et le traitement de données, ainsi que la modélisation

avancée. Ainsi, certaines activités du CCL recoupent celles de onze des quinze domaines techniques du Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS) : une collaboration plus étroite avec le VAMAS est donc envisagée.

Stratégie

Le document de stratégie du CCL (<http://www.bipm.org/utis/en/pdf/CCL-strategy-document.pdf>) présente la récente restructuration du CCL et identifie deux exigences générales pour les années à venir :

- anticiper les besoins à venir en termes d'instrumentation, de normalisation et de traçabilité dans les domaines émergents scientifiques et industriels, sur une grande variété d'échelles de longueur et selon diverses conditions de mesure ;
- atteindre l'efficacité maximale dans la mise en œuvre des procédures du CIPM MRA afin de réduire les coûts incombant aux laboratoires de métrologie dans toutes les régions tout en contribuant à assurer la reconnaissance mutuelle.

Futurs objectifs scientifiques

La métrologie dimensionnelle traditionnelle constitue un domaine mature et bien établi et la révision à venir du SI aura un impact minimum sur le travail du CCL. Ce sont les demandes des clients externes et les grands défis à relever (concernant la qualité de vie, les besoins énergétiques, la santé et l'environnement) qui définissent le programme de recherche des membres du CCL.

1. Continuer à améliorer et élargir l'accès aux réalisations pratiques de la définition du mètre

Il est nécessaire d'étudier, aux échelles nanométrique et subnanométrique (où les longueurs d'onde des étalons optiques de fréquence sont « trop grandes »), de nouvelles voies de traçabilité au mètre du SI tout en continuant les recherches en cours sur les réalisations du mètre par des mises à jour de la mise en pratique et de la liste des fréquences étalons. Cela permettra d'améliorer l'exactitude des mesures (notamment pour les utilisateurs de systèmes GNSS) et la traçabilité dans le domaine de la nanométrie dimensionnelle, ce qui diminuera la dépendance de la nano-industrie vis-à-vis des processus « verticaux ».

2. Apporter l'aide du CCL dans de nouveaux domaines

Dans le domaine de la nanométrie, le CCL a mis en place un Groupe de travail sur la nanométrie dimensionnelle qui s'est réuni trois fois jusqu'à présent (le précédent Groupe de discussion sur la nanométrie avait été créé à la fin des années 90). Une série d'études pilotes a été menée avec succès, puis enregistrées comme comparaisons supplémentaires du CCL. Il est prévu que le CCL lance d'autres études pilotes (sur les étalons à semi-conducteurs) et qu'il continue à apporter des conseils et des informations sur la normalisation ISO dans ce domaine. Le Groupe de travail sur la nanométrie dimensionnelle a rédigé un article sur les différentes voies permettant à l'industrie des semi-conducteurs qui utilise des réseaux monocristallins de silicium d'assurer la traçabilité des mesures dimensionnelles de taille nanométrique. Parmi les autres bénéfices que la nanométrie devrait apporter aux utilisateurs finaux figure l'amélioration de la compatibilité biologique des dispositifs nanométriques utilisés en médecine.

Le Groupe de discussion 6 sur la métrologie des mesures de coordonnées commence à analyser la question des CMCs qui reposent sur des mesures prises à l'aide de dispositifs polyvalents

populaires, telles que les machines de mesure de coordonnées, ainsi que la question de la préférence de l'industrie pour des mesures optiques sans contact effectuées sur place (en dépit d'un manque de traçabilité et d'une exactitude moindre par rapport aux techniques de contact, ces mesures, du fait de leur rapidité, sont préférées par les utilisateurs). Ce sujet de discussion présente de l'intérêt pour des parties dans le domaine de l'énergie (connecteurs pour les conduites de gaz et de pétrole, engrenages pour les éoliennes, écrans de confinement du plasma dans les réacteurs à fusion) et de la santé (validation de la tomographie à rayons x assistée par ordinateur, prothèses évoluées).

Bien que constituant un domaine bien établi pour de nombreux laboratoires nationaux de métrologie, la métrologie ou la géodésie sur de longues distances représente un sujet relativement nouveau pour certains autres. Jusqu'à présent, très peu de CMCs ont été soumises dans ce domaine et une seule comparaison supplémentaire a été effectuée (EURAMET.L-S20). Toutefois, ce domaine de la métrologie prend de l'importance (dans l'aérospatiale, la géodésie et les opérations de relèvement pour la cartographie, la vérification de la localisation par GPS, l'ingénierie civile, les projets scientifiques de grande envergure tels que le successeur au grand collisionneur de hadrons (LHC), les grands télescopes optiques) et les parties qui bénéficieront des avancées dans ce domaine seront d'abord les entreprises fabriquant des produits de grande taille (comme dans l'aérospatiale et le nucléaire civil) où l'automatisation améliorée par la métrologie ainsi que la métrologie sur site permettront de diminuer la durée des cycles de fabrication et réduiront les coûts des composants onéreux nécessitant un long délai de production. L'amélioration de la compatibilité et de l'exactitude des pièces et de l'assemblage permettra de réduire la consommation de carburant dans les applications de l'automobile et de l'aviation (utilisation plus efficace de l'énergie, baisse des émissions). L'amélioration de l'exactitude des systèmes GNSS conduira à une meilleure navigation (trafic plus dense, véhicules autonomes) et l'amélioration de l'exactitude pour les projets de grands accélérateurs de particules ouvrira la voie à de nouvelles découvertes scientifiques.

Futurs objectifs concernant le CIPM MRA

Depuis sa création, le CCL évalue quel sera l'impact du CIPM MRA pour ses membres en termes de temps et de ressources et s'efforce de réduire les inconvénients et les coûts liés à la mise en œuvre du CIPM MRA et au soutien continu du CCL en la matière. Le CCL a trois objectifs concernant cette tâche permanente :

1. Réduire la charge de travail pour les laboratoires pilotant des comparaisons

Le Groupe de travail sur le CIPM MRA a préparé un large éventail de guides pratiques, protocoles de comparaison et modèles de rapport qui peuvent être utilisés par les laboratoires pilotant des comparaisons clés et supplémentaires. Ces documents en accès libre viennent compléter les versions publiquement accessibles de presque tous les protocoles de comparaisons du CCL et des organisations régionales de métrologie. Le CCL est ainsi parvenu avec succès à répartir la charge de travail liée aux comparaisons, à réduire le temps de travail du personnel impliqué dans chaque comparaison, à accélérer le processus de finalisation des comparaisons et à obtenir la validation claire des CMCs à partir des résultats de comparaisons. Un autre bénéfice a été de disposer de plus de temps lors des réunions du CCL pour discuter de sujets non liés au CIPM MRA.

2. Réduire le portfolio de comparaisons clés

Le CCL a optimisé l'utilisation des données de comparaisons pour étayer les CMCS en établissant des classifications de compétences (voir le document de stratégie du CCL, § 3.1, p. 8) et en donnant aux laboratoires d'accréditation des orientations claires quant au nombre minimum de comparaisons requis, ce qui a permis de réduire le nombre de comparaisons et d'accroître la confiance vis-à-vis des données fournies par les laboratoires pour étayer les CMCs. Le portfolio de comparaisons clés du CCL est l'un des moins importants (9 thématiques) parmi les Comités consultatifs ; il permet cependant d'étayer un ensemble assez large de CMCs (environ 1 500).

3. Réduire la charge de travail des laboratoires membres du CCL

Le CCL est à l'initiative de la mise en œuvre et de la coordination de comparaisons clés interrégionales, organisées et conduites comme des comparaisons des organisations régionales de métrologie plutôt que comme des comparaisons du CCL, mais pour lesquelles il s'assure que les laboratoires participants appartiennent effectivement à plusieurs régions. Le recours à ce type de comparaisons non liées entre elles (toutefois associées aux comparaisons régulières du CCL et des organisations régionales de métrologie dont les résultats sont ensuite liés) permet de réduire le nombre de fois où il est demandé à certains laboratoires membres du CCL de jouer le rôle de laboratoires de liaison. Par ailleurs, cela a eu pour avantage de favoriser une collaboration plus harmonieuse entre les régions (car les laboratoires de plus petite taille, non membres du CCL, ont des contacts plus étroits avec ceux d'autres régions) et de créer un réservoir plus important de laboratoires pilotes.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Principales activités

Coordination des activités du CCL et de ses groupes de travail

Depuis la précédente réunion de la CGPM, le CCL s'est réuni une fois (selon un cycle d'une réunion tous les trois ans) mais ses groupes de travail se sont réunis trois ou quatre fois. En dehors du calendrier de réunions programmées, les groupes de discussion ont continué à être actifs et à rendre compte, lors des réunions du CCL, de leur travail concernant non seulement la planification des comparaisons mais aussi les récentes avancées techniques, les contributions à la mise en œuvre d'étalons, et les idées de projets de recherche collaborative.

Le Groupe de travail sur le CIPM MRA a collecté et examiné les résultats d'un certain nombre de comparaisons et d'études pilotes. Il a préparé un large éventail de guides pratiques et de modèles de rapport qui pourront être utilisés par les laboratoires pilotant des comparaisons, l'objectif étant de réduire la charge de travail et les coûts afin que de nouveaux laboratoires proposent leurs services pour piloter des comparaisons. Au sein de l'EURAMET, plusieurs laboratoires qui ne sont pas membres du CCL ont commencé à utiliser ces modèles et documents et au moins un nouveau laboratoire a proposé de piloter une comparaison clé. Le Groupe de travail sur le CIPM MRA a anticipé la recommandation du Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM puisque les présidents des comités techniques des organisations régionales de métrologie sont membres *ex officio* du Groupe de travail sur le CIPM MRA depuis sa création.

Le sous-groupe de travail sur les CMCs a révisé la liste de classification des services, le DimVIM, et a pris la responsabilité de sa maintenance. En dehors de la communauté des laboratoires nationaux de

métrologie, cette liste est utilisée par les organismes de réglementation et d'autres fournisseurs de services car elle présente pour la métrologie dimensionnelle une terminologie harmonisée en 13 langues (allemand, anglais, chinois, coréen, espagnol, finnois, français, grec, italien, japonais, portugais, tchèque et turc). Des discussions ont été engagées sur d'éventuelles nouvelles catégories de CMCs dans le domaine de la métrologie fondée sur des machines de mesure de coordonnées pour des tâches spécifiques. Cela constitue une nouvelle évolution car, jusqu'à présent, toutes les CMCs soumises concernaient l'étalonnage d'éléments (à l'aide par exemple d'un étalon spécifique) alors qu'il est prévu que les nouvelles CMCs concernent les aptitudes de mesures, comme pour des pièces réalisées sur mesure sans étalon. Cela pourrait engendrer une augmentation significative de la portée des CMCs pour les laboratoires membres du CCL et ouvrir la voie pour les clients à la reconnaissance d'autres services.

Conférences

Depuis la dernière réunion de la CGPM, le CCL a été associé à deux conférences *MacroScale* (www.macroscale.org) :

- La conférence *MacroScale 2011* a été hébergée par le METAS à Berne, Suisse, en octobre 2011. Des laboratoires de différentes organisations régionales de métrologie y ont participé et 25 présentations ont été données, parmi lesquelles 18 ont été publiées dans un numéro spécial de *Measurement Science and Technology* (<http://iopscience.iop.org/0957-0233/23/9>).
- La conférence *MacroScale 2014* a été hébergée par le BEV à Vienne, Autriche, en octobre 2014. Dès septembre 2014, le programme de la conférence contenait 31 présentations et 34 posters. Des articles devraient être publiés dans *Measurement Science and Technology*.

Par ailleurs, les conférences *NanoScale* (www.nanoscale.de) sont organisées par le biais d'une coopération entre des laboratoires membres du CCL (PTB, LNE, METAS), en particulier ceux actifs dans le Groupe de travail sur la nanométrie dimensionnelle.

Mise à jour de la liste des fréquences étalons établie par le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence

Depuis la précédente réunion de la CGPM, le travail de mise à jour de la liste des fréquences étalons recommandées pour réaliser le mètre s'est poursuivi. Les mises à jour, approuvées par le CIPM, comprennent les fréquences des transitions non perturbées suivantes :

- $3s^2\ ^1S_0 - 3s3p\ ^3P_0$ de l'ion $^{27}\text{Al}^+$;
- $5d^{10}6s\ ^2S_{1/2} - 5d^96s^2\ ^2D_{5/2}$ de l'ion $^{199}\text{Hg}^+$;
- $6s^2\ ^1S_0 - 6s6p\ ^3P_0$ de l'atome neutre de ^{199}Hg ;
- $6s\ ^2S_{1/2} - 4f^{13}6s^2\ ^2F_{7/2}$ de l'ion $^{171}\text{Yb}^+$;
- $6s\ ^2S_{1/2} (F = 0, m_F = 0) - 5d\ ^2D_{3/2} (F = 2, m_F = 0)$ de l'ion $^{171}\text{Yb}^+$;
- $5s\ ^2S_{1/2} - 4d\ ^2D_{5/2}$ de l'ion $^{88}\text{Sr}^+$;
- $4s\ ^2S_{1/2} - 3d\ ^2D_{5/2}$ de l'ion $^{40}\text{Ca}^+$;
- $1S - 2S$ de l'atome neutre de ^1H ;
- $5s^2\ ^1S_0 - 5s5p\ ^3P_0$ de l'atome neutre de ^{87}Sr ;
- $6s^2\ ^1S_0 - 6s6p\ ^3P_0$ de l'atome neutre de ^{171}Yb ; et
- la transition hyperfine non perturbée de l'état fondamental de ^{87}Rb .

[Pour plus de détails sur les mises à jour, voir la Recommandation CCTF 1 (2012) – Annexe 8 à l'adresse <http://www.bipm.org/utls/fr/pdf/CIPM/CIPM2012-FR.pdf>].

Activités de normalisation

Des représentants des laboratoires membres du CCL et des groupes de travail du CCL participent aux comités nationaux et internationaux de normalisation. Cette collaboration porte essentiellement sur les normes ISO GPS (Spécification géométrique des produits). (Les normes GPS fournissent un langage universel de symboles pour exprimer les tolérances dans les dessins techniques. Ainsi, le dessin d'un composant qui a été développé dans un pays pourra être envoyé dans un autre pays où il sera compris et où le composant sera fabriqué, sans que le concepteur et le fournisseur n'aient besoin de parler la même langue, à l'exception du langage GPS).

Parmi les comités clés internationaux auxquels le CCL participe figurent les suivants :

- ISO TC 213 Spécifications et vérification dimensionnelles et géométriques des produits
- ISO TC 60 Engrenages
- ISO TC 1 Filetages
- ISO TC 201 (SC9) Microscopie par sonde à balayage
- ISO TC 202 Analyse par microfaisceaux
- ISO TC 229 Nanotechnologies
- IEC TC 113 Nanotechnologies
- API SC7 Ressources concernant les jauges utilisées dans l'industrie du gaz et du pétrole

Défis et difficultés

L'un des défis permanents du CCL consiste à étendre le SI à des échelles plus petites ou plus grandes tout en continuant à étayer les aptitudes existantes. Le CCL a déjà fait de l'échelle nanométrique une priorité en créant le Groupe de travail sur la nanométrie dimensionnelle.

Le CCL a expliqué de façon approfondie au CIPM le nouveau type de comparaisons entre organisations régionales de métrologie qu'il a mis en place. Ces comparaisons sont similaires à une « comparaison virtuelle du CCL » mais requièrent de la part des participants (et en particulier des membres du CCL) une planification et une charge de travail moins importantes. Le second cycle de comparaisons clés est en préparation et sera composé à la fois de comparaisons classiques et de comparaisons entre organisations régionales de métrologie. La liaison des résultats de plusieurs comparaisons, en particulier lorsque la taille et les propriétés des artefacts diffèrent d'une comparaison à l'autre, s'avère difficile et il n'est pas évident de savoir si ce travail de liaison des résultats est nécessaire aux utilisateurs finaux du CIPM MRA lorsqu'ils évaluent des CMCs. Il est aussi à noter que certaines comparaisons en métrologie dimensionnelle fournissent un grand nombre de données, ce qui rend plus difficile la présentation des résultats dans la KCDB, en particulier sous la forme de graphiques. Une récente comparaison de règles divisées (sur un ensemble limité de mesurandes) a généré 960 résultats pour un seul artefact. Le calcul de près de 921 000 degrés d'équivalence par paires est tout simplement ni pratique ni utile. Il est nécessaire de définir de meilleures métriques pour synthétiser de larges ensembles de données de comparaisons, permettre une comparaison probante des déclarations de CMCs et obtenir une meilleure présentation des résultats dans la KCDB.

Les machines de mesure de coordonnées sont de plus en plus utilisées dans l'industrie, alors même que les voies permettant d'assurer la traçabilité des mesures ainsi effectuées sont mal établies et que les CMCs concernant ces services posent problème. Ces questions font l'objet d'un vif débat au sein

du Groupe de discussion sur la métrologie des coordonnées. Les machines de mesure de coordonnées sont utilisées de façon extensive dans l'industrie car elles permettent de mesurer une grande gamme d'objets, la plupart étant utilisés pour des comparaisons clés. Il est nécessaire de trouver des moyens d'exprimer les CMCs fondées sur l'utilisation de ces machines qui n'entrent pas en conflit avec les CMCs actuellement publiées dans la KCDB afin de permettre une application plus vaste du CIPM MRA. De façon similaire, il faut assurer la traçabilité des logiciels utilisés en métrologie dimensionnelle : certains membres du CCL réfléchissent à des catégories de CMCs dans ce domaine afin de répondre aux exigences des clients. Toutefois, réussir cette tâche dans le cadre du CIPM MRA est un défi, qui requerra probablement une discussion interdisciplinaire avec les autres Comités consultatifs.

Perspectives à court terme et à long terme

Perspectives à court terme

Le travail des Groupes de discussion se poursuivra lors du prochain cycle de comparaisons clés. Le développement des étalons dans le domaine de la nanométrie et le lancement d'autres études pilotes, éventuellement sur des sujets interdisciplinaires (le thème des nanoparticules, par exemple, n'est pas uniquement un sujet dimensionnel), seront à l'ordre du jour des futures réunions du Groupe de travail sur la nanométrie. La mise en place, au sein de certains laboratoires membres du CCL, d'activités sur la tomographie à rayons x assistée par ordinateur, considérée comme un outil de métrologie dimensionnelle, donnera lieu à de nouvelles études et à de nouvelles CMCs qui seront étayées de façon appropriée. (Parmi les difficultés à envisager figurent l'exactitude, la vérification, la cartographie des erreurs de la machine, la comparabilité, les artefacts matériels, et la sécurité). Il pourrait être nécessaire de coordonner l'aide à apporter aux laboratoires nationaux de métrologie dans la façon d'expliquer les nouvelles définitions du SI aux utilisateurs finaux. Des services dans le domaine de la métrologie sur de longues distances vont se développer et certains laboratoires membres du CCL, ainsi que le CCL, devront répondre aux besoins de vérification de ces services. Un autre défi consistera à conserver une certaine dynamique pour les activités liées au CIPM MRA car le CCL passe au second cycle de comparaisons clés mais de nouvelles techniques et de nouveaux travaux de recherche requièrent une réaffectation des ressources. Pour plusieurs laboratoires membres, la question de la réintégration de CMCs dans des domaines où il n'y a plus de comparaisons clés du CCL (c'est-à-dire où un sujet de comparaison a été abandonné) devra être étudiée.

Perspectives à long terme

Sur le plus long terme, il est probable que certains services traditionnels seront remplacés et que les Groupes de discussion se concentreront sur d'autres thématiques ; cela s'accompagnera d'un autre défi qui sera de mettre en place un nouvel ensemble de comparaisons clés et de nouvelles séries de soumissions de CMCs pour les domaines émergents (tels que les services de tomographie à rayons x assistée par ordinateur). Il sera nécessaire de soutenir davantage les services sur site proposés aux clients (étalonnages en dehors des laboratoires) et de traiter les questions de traçabilité qui y sont associées.

Données sur le CCL

CCL établi en 1997 (CCDM, Comité consultatif pour la définition du mètre, de 1952 à 1997)

Président : A. Sacconi

Secrétaire exécutif : L. Robertsson

Composition :

24 membres et 1 observateur

Réunions depuis la 24^e réunion de la CGPM : 19-20 septembre 2012

CGPM :

Trois groupes de travail :

- Stratégie
- Nanométrie dimensionnelle
- CIPM MRA

Deux sous-groupes de travail :

- Comparaisons clés
- CMCs et liste de catégories de CMCs

Un sous-groupe de travail sur la liaison des comparaisons clés

Neuf groupes de discussion (1 par thématique de comparaisons clés)

Un groupe de travail commun :

- Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s)	En cours	Programmée(s)
Comparaisons clés du CCL (et comparaisons supplémentaires)	7 clés 4 supplémentaires	2 clés	5 [2015-2019]
Comparaisons du BIPM	2	0	0
Études pilotes du CCL	0	1	1 [2017]
CMCs	1 502 CMCs dans 113 catégories de service publiées dans la KCDB		

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Sacconi pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport du président du CCL ne fait l'objet d'aucune question.

16. Rapport du président du CCTF

M. Énard, président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), présente son rapport sur les activités du CCTF depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

Le CCTF est responsable des activités métrologiques dans les domaines du temps et des fréquences concernant la définition et la réalisation de la seconde, l'évolution des horloges atomiques, les échelles de temps, et leurs applications dans différents domaines des activités scientifiques et humaines. L'une des missions du CCTF est de s'assurer que l'échelle de référence internationale, le Temps universel coordonné (UTC), est largement disséminée par le biais de réalisations traçables :

le CCTF organise à cette fin la comparaison clé en continu CCTF-K001.UTC et s'appuie sur le BIPM concernant le travail de coordination avec les laboratoires participants et le pilotage des comparaisons. Les domaines du temps et des fréquences ont une incidence majeure sur la plupart des activités humaines actuelles ; le CCTF veille à ce que les besoins de la société, de la recherche, de l'industrie, etc. soient satisfaits en collaborant avec les organisations et communautés d'utilisateurs pertinentes. La prochaine décennie constituera un défi pour le CCTF : les développements rapides dans le domaine des étalons de fréquence définiront le cadre d'une redéfinition à venir de la seconde, à condition que soient résolus les problèmes techniques.

Domaine de compétence du CCTF

Les activités du CCTF couvrent tous les sujets liés à la seconde du SI et à son accès par l'intermédiaire d'échelles de temps stables et exactes. Le CCTF a pour mission d'assurer la traçabilité à l'échelle de référence internationale, l'UTC, des réalisations locales : à cette fin, il promeut la recherche sur les techniques de comparaison de temps et algorithmes et suit de près le développement de nouveaux étalons de fréquence qui peuvent présenter une exactitude intrinsèque meilleure de deux ordres de grandeur par rapport aux meilleures fontaines utilisées aujourd'hui. Le CCTF coopère avec des organisations internationales aux intérêts divers à l'égard de la métrologie du temps et des fréquences, qui couvrent un large éventail d'applications telle que la navigation par satellite à couverture globale, la datation horaire, la géodésie, l'astronomie, etc.

Stratégie

Le document de stratégie du CCTF (<http://www.bipm.org/en/committees/cc/cctf/>) a été préparé par le Groupe de travail sur la stratégie, composé des présidents des différents groupes de travail du CCTF et placé sous la direction du président du CCTF.

Les groupes de travail du CCTF sont bien équilibrés et couvrent toutes les activités spécifiques nécessaires à la définition, la réalisation et la dissémination de l'unité de temps et des échelles de temps associées.

Le CCTF a identifié ses diverses parties prenantes, parmi lesquelles les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires qui réalisent la seconde localement et maintiennent une échelle de temps, les organismes internationaux représentant des communautés d'utilisateurs, des fournisseurs de services, des services scientifiques ainsi que des agences de réglementation. L'un des points forts de la stratégie du CCTF est d'assurer une communication efficace avec ces parties prenantes puisque c'est par leur intermédiaire que le CCTF a des retours sur ses activités et sur l'impact du travail du BIPM.

Le document de stratégie met en lumière les activités fondamentales du CCTF pour le moyen terme et le long terme :

- conduire des études sur les échelles de temps pour différentes applications ; soutenir le développement de nouvelles applications pour atteindre une exactitude élevée des mesures de temps, afin de tirer parti des avancées effectuées concernant les méthodes de dissémination du temps et continuer à développer des prédictions plus rapides de l'UTC ;

- intégrer de nouvelles méthodes de comparaison d'horloges et de dissémination du temps afin d'améliorer l'exactitude, réduire les coûts, faciliter l'accessibilité aux échelles de temps et permettre la coexistence avec d'autres utilisateurs de l'infrastructure ;
- développer une gamme d'étalons primaires transportables et de haute exactitude qui permettront de confirmer les performances de nouvelles méthodes innovantes de comparaisons d'horloges sur de longues distances ; cette activité sera importante car les étalons primaires de haute exactitude vont commencer à concurrencer les meilleures techniques disponibles de comparaison de temps et de fréquence ;
- développer des algorithmes pour les mesures de temps et de fréquence en s'attachant principalement à généraliser leur utilisation précise et leur compréhension ;
- promouvoir l'évaluation et la comparaison de la stabilité, de l'incertitude et de la reproductibilité des horloges optiques fondées sur le même ion et les mêmes espèces d'atomes, en vue de préparer la redéfinition à venir de la seconde ;
- encourager le BIPM à développer des comparaisons de temps fondées sur de multiples techniques et à mettre en œuvre des solutions rapides de prédiction de l'UTC ;
- suivre l'évolution des systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) et de leurs échelles de temps internes.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Depuis la précédente réunion de la CGPM, le CCTF s'est réuni une fois en septembre 2012 ; la prochaine réunion du CCTF est programmée pour septembre 2015. Tous les groupes de travail du CCTF se sont réunis de façon régulière.

Principales activités

Amélioration de l'algorithme du Temps atomique international (TAI)

- Le modèle de prédiction de la fréquence des horloges a été corrigé et la fonction linéaire utilisée par le passé a été remplacée par une fonction quadratique. Ce changement a eu pour conséquence de mettre fin à la dérive entre l'Échelle atomique libre (EAL) et l'échelle fondée sur des étalons primaires de fréquence.
- La procédure de pondération des horloges a été modifiée, en se fondant sur le principe selon lequel une bonne horloge est une horloge dont la fréquence est prévisible. Cette modification a permis de redistribuer le poids des horloges, ce qui assurera une plus grande stabilité à long terme du TAI.

Utilisation de nouvelles fontaines

- Quatre nouvelles fontaines à césium ont été achevées et évaluées par les laboratoires nationaux de métrologie depuis 2011 ; les résultats des mesures de fréquence sont régulièrement transmis pour être utilisés dans l'étalonnage de fréquence du TAI. Au cours des trois années passées, onze fontaines ont contribué de façon régulière à améliorer l'exactitude du TAI. Une fontaine au rubidium, qui fait partie des fréquences étalons recommandées comme représentations secondaires de la seconde, est utilisée depuis 2012 pour étalonner la fréquence du TAI.

Développement des liaisons par fibre optique pour les comparaisons de temps et de fréquence

- Les liaisons par fibre optique (temporaires et permanentes) ont commencé à être opérationnelles entre les laboratoires du temps et permettent de tester les aptitudes de ces derniers en matière de comparaison d'horloges de très haute exactitude. Les laboratoires européens ont, en particulier, rapidement fait progresser cette technologie avec le soutien de l'EURAMET.
- Le BIPM a réalisé des études sur les liaisons par fibre optique entre des laboratoires participant au calcul du TAI afin de déterminer si cette technique pouvait être utilisée dans le calcul du TAI. Il a par ailleurs été possible de valider l'étalonnage des liaisons des systèmes GNSS à l'aide de fibres optiques.

Horloges optiques et fréquences recommandées

- Un nombre significatif de transitions atomiques optiques sont actuellement en cours d'étude. Les travaux de recherche progressent et couvrent plusieurs espèces d'ions. Il semble raisonnable de conclure qu'une exactitude de l'ordre de 10^{-18} pourra être atteinte avec ce type d'étalons.
- Le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence a établi une liste mise à jour des fréquences étalons recommandées comme représentations secondaires de la seconde (voir <http://www.bipm.org/fr/publications/mises-en-pratique/standard-frequencies.html>).

Étalonnage des équipements GNSS pour le TAI

- La coopération entre le BIPM et les organisations régionales de métrologie a été formalisée afin de maintenir l'étalonnage régulier des équipements GNSS utilisés pour les comparaisons d'horloges servant au calcul du TAI et de réduire l'incertitude associée à 2-3 ns. Des directives pour l'étalonnage des systèmes GNSS ont été préparées par le Département du temps du BIPM et distribuées aux organisations régionales de métrologie. Les campagnes d'étalonnages effectuées selon cette nouvelle organisation ont commencé et se poursuivent.

Accès rapide à l'UTC

- Une solution appelée « UTC rapide » qui permet aux laboratoires de valider le pilotage des échelles de temps locales a été mise au point, testée et validée au BIPM. Actuellement, 50 % des laboratoires contribuant au calcul de l'UTC participent à l'UTC rapide dont les résultats ont été publiés de façon hebdomadaire et avec régularité depuis juin 2013.

Possible redéfinition de l'UTC

- Le CCTF et le BIPM ont contribué de façon active à la discussion sur la possible modification de la définition de l'UTC. Un atelier sur l'avenir de l'échelle de temps internationale a été conjointement organisé par l'Union internationale des télécommunications, Secteur radiocommunications (UIT-R) et le BIPM en septembre 2013 à Genève, Suisse.

Défis et difficultés

- Le développement continu des échelles de temps est essentiel pour pouvoir bénéficier des améliorations apportées à la stabilité des étalons primaires de fréquence, à d'autres horloges atomiques, ainsi qu'aux méthodes de comparaison d'horloges et de dissémination du temps. La stabilité à court terme et à moyen terme des meilleurs étalons primaires a dépassé les performances des liaisons horaires internationales actuelles effectuées sur de longues distances et

utilisées pour comparer ces étalons. De ce fait, les algorithmes devront être développés parallèlement à l'amélioration de ces liaisons.

- Le BIPM étudiera comment mettre en œuvre des méthodes et procédures permettant d'exploiter des liaisons multi-GNSS et comment utiliser ces données redondantes.
- Les problèmes technologiques liés aux comparaisons de temps et de fréquence à l'aide de fibres optiques demeurent. Établir des relations contractuelles fiables sur le long terme avec les exploitants de réseaux de fibres optiques constitue un réel défi.
- Dans le cadre du projet ACES (Atomic Clock Ensemble in Space), plusieurs axes de progrès ont été identifiés concernant les comparaisons de temps et de fréquence dans l'espace. L'exploitation des mesures sera un défi car certains problèmes techniques d'accès aux données doivent être résolus.
- Le développement des étalons optiques de fréquence se poursuivra et les recommandations relatives aux radiations pouvant être utilisées comme représentations secondaires de la seconde permettront de décider quelles espèces devraient être étudiées par les laboratoires. Ce travail, ainsi que les progrès effectués concernant les techniques de comparaison de temps et de fréquence de haute exactitude, permettront de comparer des étalons du même type. De meilleurs oscillateurs locaux sont également nécessaires pour pouvoir gérer les problèmes de temps morts. Des techniques optiques similaires à celles des potentiels nouveaux étalons de fréquence devraient être aussi utilisées pour gérer les temps morts mais ces équipements devraient être conçus comme des produits commerciaux de très haute fiabilité et de faible coût.
- Même si l'actuelle définition de la seconde fondée sur une transition de l'atome de césium répondra aux besoins de l'industrie dans les années à venir, et les représentations secondaires aux besoins scientifiques, il sera nécessaire de consacrer des efforts considérables pour résoudre, au moment opportun, les problèmes spécifiques qui sous-tendent une nouvelle définition de la seconde. Le potentiel des horloges optiques ne peut être pleinement exploité que si des méthodes sont développées en parallèle afin de comparer des horloges à distance et de disséminer les fréquences optiques de façon fiable et simple sans compromettre la stabilité de l'échelle de temps.
- En ce qui concerne les échelles de temps officielles, mais aussi les applications modernes exigeantes telles que les systèmes GNSS, il est très important que les algorithmes et méthodes statistiques et mathématiques soient correctement compris, utilisés et interprétés pour évaluer et apprécier les caractéristiques des étalons atomiques de fréquence de haute technologie et les exploiter de façon optimale.

Perspectives à court terme et à long terme

Réalisations des échelles de temps, au niveau international et au niveau national

La définition de la seconde du SI et sa réalisation pourraient changer au cours des dix prochaines années, ce qui aura des répercussions sur le travail du BIPM et celui des laboratoires nationaux de métrologie mais permettra d'améliorer l'exactitude de l'UTC et du TAI.

Toute une variété d'échelles de temps coexiste pour différentes applications et de nouvelles échelles seront créées dans le futur, en particulier pour les systèmes de navigation par satellite à couverture globale.

Afin de contribuer à éviter toute confusion et toute possibilité d'erreur, et afin d'étayer le statut de l'UTC comme référence primaire internationale, il sera important d'être aussi clair et compréhensible que possible concernant les relations entre l'UTC et les diverses échelles de temps utilisées au niveau mondial pour différentes applications. Un autre moyen d'éviter toute confusion sera de rendre l'UTC plus accessible en temps réel par le développement continu de produits rapides et par des méthodes de dissémination du temps de moindre coût disponibles en permanence. Ces mesures favoriseront l'utilisation de l'UTC pour de nouvelles applications et éviteront qu'une multitude de nouvelles échelles de temps ne soient spécialement conçues pour des applications spécifiques.

L'UTC, en tant que référence internationale, continuera à avoir un statut unique. Toutefois, il est attendu que des changements soient apportés à l'UTC, en plus des améliorations régulières apportées à son algorithme et aux liaisons horaires.

Il est probable qu'une nouvelle définition de l'UTC, sans seconde intercalaire, sera adoptée lors de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2015 de l'UIT, avec une date d'entrée en vigueur qui serait programmée au plus tôt en 2020. Si la nouvelle définition de l'UTC est acceptée, des changements devront être apportés aux différents systèmes de conservation et de dissémination du temps.

Des études sur l'utilisation d'une échelle de temps dynamique fondée sur les observations de pulsars-milliseconde astronomiques ont commencé, en coopération avec l'Union astronomique internationale (UAI). L'étude examinera la faisabilité d'une échelle de temps combinée dynamique-atomique.

En outre, il sera important de continuer à développer des prédictions plus rapides de l'UTC afin de soutenir de nouvelles applications pour disposer de comparaisons de temps de haute exactitude et tirer avantage des développements des méthodes de dissémination.

Méthodes de comparaison de temps et de fréquence

Au cours de la décennie passée, l'utilisation de fibres optiques au sol a été largement adoptée. Il a été démontré que l'on pouvait effectuer, à l'aide des fibres optiques, des comparaisons de fréquence à des incertitudes inférieures à 10^{-17} pour une distance allant jusqu'à 900 km, et des comparaisons de temps à des incertitudes inférieures à 1 ns sur quelques centaines de kilomètres. Un objectif est de mettre en place des liens fibrés opérationnels pour connecter les centres majeurs de métrologie du temps, avec pour perspective à long terme de continuer à améliorer l'exactitude et la densité des liaisons.

Les techniques spatiales sont, par nature, plus utilisées à l'échelle mondiale : les comparaisons de temps fondées sur des systèmes GNSS peuvent être effectuées virtuellement n'importe où sur Terre. Actuellement, l'objectif est d'atteindre une incertitude de 0,1 ns entre les laboratoires participant au calcul du TAI. Des techniques spatiales dédiées, telles que les comparaisons de temps et de fréquence par aller et retour sur satellites et la liaison micro-ondes de la mission ACES, requièrent des terminaux spécifiques de plus en plus sophistiqués. Toutefois, il s'avère que l'incertitude de 10^{-17} des comparaisons de fréquence obtenue sur une moyenne de quelques jours pourrait également être atteinte avec les équipements déployés, à condition d'utiliser des signaux disposant de suffisamment de bande passante. La comparaison d'horloges optiques à partir d'équipements dans l'espace vise, sur le long terme, à tester la relativité et les principes de la physique fondamentale : alors seulement, les défis scientifiques consistant à « tester la théorie de la relativité, la géodésie relativiste, et autres » pourront être relevés à l'échelle mondiale, et pas uniquement d'un point à un autre.

Étalons primaires de fréquence

Les laboratoires nationaux de métrologie continueront à développer de nouvelles fontaines à césium, ce qui fera apparaître des fontaines de seconde génération. Le Groupe de travail du CCTF sur les étalons primaires et secondaires de fréquence continuera à faire des recommandations au BIPM sur

les nouveaux étalons, conformément aux indications données par les laboratoires nationaux de métrologie pour améliorer l'exactitude du TAI et, de façon générale, à conseiller le BIPM sur ce sujet. Une autre tâche majeure pour le CCTF sera d'aider à prendre une décision concernant l'éventuelle redéfinition de la seconde. Si la seconde est redéfinie (probablement en se fondant sur une transition optique), l'une des priorités sera de déterminer la meilleure valeur de la seconde fondée sur la transition d'un atome de césium, et son incertitude.

Comme l'exactitude des étalons primaires concurrence les meilleures techniques disponibles de comparaison de temps et de fréquence, il pourra être important de développer une gamme d'étalons primaires transportables et de très haute exactitude. Ces étalons permettront de confirmer les performances de nouvelles méthodes innovantes de comparaisons d'horloges sur de longues distances.

Algorithmes pour les échelles de temps

Le développement d'algorithmes permettant de traiter les mesures de temps et de fréquence devrait progresser au cours des dix prochaines années afin d'atteindre les objectifs suivants :

- L'existence de divers types d'horloges atomiques aux caractéristiques et performances différentes conduit les laboratoires à développer des algorithmes capables d'optimiser la contribution apportée par chaque horloge à leur échelle de temps. Par ailleurs, la disponibilité de différents étalons primaires de fréquence, fonctionnant souvent en continu comme des horloges, augmente et l'introduction des étalons primaires de fréquence dans l'élaboration de cette échelle de temps est en cours d'évaluation et de réalisation dans les laboratoires.
- L'augmentation des applications exigeantes de conservation nationale et internationale du temps et des systèmes GNSS requiert des références de temps exactes et stables mais également des services fiables répondant à certaines exigences de performances. De ce fait, il est de plus en plus nécessaire d'identifier et de résoudre les possibles anomalies des systèmes de temps. Les algorithmes traitant les mesures d'horloges dans le but de contrôler le niveau de performances et d'identifier les possibles comportements anormaux sont donc devenus de plus en plus importants et sont développés soit par des experts en métrologie du temps, soit par des spécialistes d'autres domaines dont les systèmes complexes utilisent des horloges.
- Les applications en temps réel reposent principalement sur des systèmes GNSS mais aussi sur des applications importantes de conservation du temps, c'est pourquoi la disponibilité en temps réel des signaux horaires, leur suivi et leur évaluation constitueront des éléments essentiels. Des algorithmes qui peuvent être exploités rapidement et qui identifient sans délai les dysfonctionnements et/ou comportements anormaux seront nécessaires dans différents domaines d'application.

Étalons optiques de fréquence

Un nombre significatif de transitions atomiques optiques de référence sont actuellement étudiées dans deux catégories génériques : les ions piégés individuellement de façon électromagnétique et les atomes multiples piégés dans des réseaux optiques. La recherche en la matière ne cesse d'évoluer et couvre plusieurs espèces d'ions, en se concentrant toutefois sur deux espèces d'atomes (^{87}Sr et ^{171}Yb). Ce travail met en lumière, entre autres, le besoin d'évaluer et comparer de façon plus approfondie la stabilité, l'incertitude et la reproductibilité de chaque système, avant qu'une redéfinition de la seconde ne puisse être sérieusement considérée.

Actuellement, on ne peut déterminer clairement s'il existe un candidat préférable à un autre pour une future redéfinition de la seconde, c'est pourquoi des travaux de recherche supplémentaires sont requis.

Nouveaux produits du BIPM adaptés à de nouvelles applications

Le BIPM a mis en œuvre de nouvelles stratégies, de nouveaux outils et de nouveaux produits afin d'améliorer l'UTC et proposer de meilleurs services aux laboratoires nationaux de métrologie. Une partie de la stratégie consiste à mettre en place des actions permanentes afin d'anticiper les besoins que l'évolution des technologies fera naître.

Les applications et produits récents les plus importants, ainsi que les perspectives à venir, sont les suivants :

- des comparaisons de temps fondées sur de multiples techniques, incluant des techniques de mesure au sol et dans l'espace ;
- des échelles de temps, notamment des solutions rapides, et une évaluation plus fréquente de la comparaison clé CCTF-K001.UTC (*Circulaire T* du BIPM).

Données sur le CCTF

CCTF établi en 1956 sous le nom de Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS), puis renommé CCTF en 1997

Président : L. Énard

Secrétaire exécutive : F. Arias

Composition :

17 membres et 14 observateurs

Réunions depuis la 24^e réunion de la CGPM :

13-14 septembre 2012

CGPM :

Neuf groupes de travail :

- Algorithmes pour les échelles de temps
- Coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquence
- Comparaisons de temps à l'aide de systèmes GNSS
- CIPM MRA
- Étalons primaires et secondaires de fréquence
- Stratégie
- Temps atomique international (TAI)
- Comparaisons de temps et de fréquence par aller et retour sur satellite
- Étalons de fréquence (Groupe de travail commun au CCL et au CCTF)

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s)	En cours	Programmée(s)
Comparaisons clés du CCTF	1, mensuelle	en continu	en continu
Comparaisons du BIPM	0	0	0
Études pilotes du CCTF	0	0	0
CMCs	679 CMCs dans 19 catégories de service publiées dans la KCDB		

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Énard pour son rapport et demande s'il y a des questions.

M. Milton demande à M. Érard s'il peut donner plus de précisions sur les progrès accomplis concernant la redéfinition de la seconde du SI. M. Milton rappelle que la redéfinition du kilogramme a été proposée il y a un certain nombre d'années mais que c'est seulement lorsque le CCM a fixé des critères concernant les étapes nécessaires pour parvenir à cette redéfinition que le sujet a gagné en importance. Le CCM a ensuite élaboré une feuille de route, ce qui a permis de définir par consensus ce qui pourrait être atteint et à quel moment. Il demande si le CCTF prévoit de fixer des critères quantitatifs et qualitatifs qui définiraient les étapes nécessaires à atteindre pour qu'une nouvelle définition de la seconde soit adoptée. M. Érard répond que ce sujet a fait l'objet de discussions et que trois critères principaux ont déjà été pris en considération. À l'heure actuelle, il est prévu de redéfinir la seconde mais cela n'interviendra pas avant 2022. Le CCTF se réunira en septembre 2015 et un groupe de travail *ad hoc* pourrait être mis en place afin de discuter d'une éventuelle feuille de route et formaliser les critères de redéfinition de la seconde.

17. **Rapport sur les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux**

M. Milton, directeur du BIPM, fait un rapport succinct sur les activités de coordination et de collaboration internationales du BIPM depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011). Il rappelle avoir mentionné au cours de sa précédente présentation (voir section 9) que fin 2012, l'Organisation mondiale du commerce (OMC) a accordé au BIPM le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce (OTC). En assistant aux réunions du Comité OTC, le BIPM a la possibilité de mettre en valeur le rôle et la contribution de la communauté des laboratoires nationaux de métrologie et de s'assurer que le Comité OTC comprend combien il lui est vital de disposer de mesures comparables au niveau international pour remplir ses objectifs.

M. Milton poursuit en évoquant les liens importants que le BIPM et l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ont établis depuis de nombreuses années. L'année 2010 a constitué une étape majeure pour les deux organisations, l'OMM signant le CIPM MRA : ainsi, trois laboratoires de l'OMM contribuent par le biais du CIPM MRA à la traçabilité des mesures et à établir quantitativement les aptitudes au mesurage. Les liens entre le BIPM et l'OMM se caractérisent par une coopération très forte entre l'OMM et le CCQM : des laboratoires de référence mondiaux reconnus par l'OMM participent aux comparaisons du BIPM d'analyse des gaz, et ce depuis plusieurs années.

Dans le domaine de la radiométrie et de la photométrie, le Centre mondial du rayonnement de l'Observatoire physico-météorologique de Davos (Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos/World Radiation Center, PMOD/WRC) participe aux activités du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) concernant les mesures d'éclairement énergétique solaire ; il est espéré que ce travail de coopération jouera un rôle central dans la redéfinition de l'échelle de l'OMM à partir d'une réalisation du SI, dans un avenir proche. Le BIPM a reçu une lettre de l'OMM au début de novembre 2014 demandant, pour la première fois, que soit instaurée de façon officielle une coopération entre sa Commission des instruments et des méthodes d'observation (CIMO) et le Comité consultatif de thermométrie (CCT). Il a été établi depuis un certain temps que des mesures de température traçables doivent être prises en considération lors de l'établissement d'un registre mondial de la température. L'OMM a désormais reconnu qu'elle souhaitait que des experts nommés par le CCT participent à certains de ses comités.

Une autre activité de coordination internationale consiste pour le BIPM à participer au Réseau de métrologie, d'accréditation et de normalisation pour les pays en développement (DCMAS) : le Réseau DCMAS offre au BIPM d'importantes possibilités de travailler avec des organisations intergouvernementales et organismes internationaux pour fournir aux pays en développement une formation intégrée en matière de renforcement des capacités commerciales.

Par ailleurs, les comités communs sont un vecteur important des activités de coordination du BIPM. Le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) est une activité commune initiée avec l'International Federation for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC) et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), dont la principale réalisation est la base de données hébergée par le BIPM qui démontre la traçabilité des matériaux de référence nécessaires aux systèmes de diagnostic *in vitro*.

Le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) est en charge du *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (également appelé GUM) et du *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés* (également appelé VIM). Ces publications constituent des documents importants et des sources de référence pour les scientifiques des laboratoires nationaux de métrologie. Le BIPM est heureux de pouvoir faire évoluer ces publications en coopération avec des organisations scientifiques et organismes de normalisation internationaux.

L'activité de coordination la plus importante du BIPM, réalisée avec des partenaires internationaux, est l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, le CIPM MRA, qui donne accès aux aptitudes examinées par des pairs déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie et par d'autres laboratoires participants. Au 18 novembre 2014, le CIPM MRA a été signé par les représentants de laboratoires nationaux de métrologie venant de 53 États Membres, 39 Associés et 4 organisations internationales ; 152 laboratoires désignés par les signataires participent également au CIPM MRA.

L'accord quadripartite entre le BIPM, l'Organisation internationale de normalisation (ISO), l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) et l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) est un outil fondamental qui permet aux quatre organisations de travailler conjointement pour transmettre un message unique sur l'importance de l'infrastructure de la qualité. Il est difficile d'entrer en contact avec les responsables politiques et décideurs de haut niveau afin de les sensibiliser à la métrologie et à la normalisation. Ainsi, les quatre organisations sont convaincues que si elles ont l'occasion de promouvoir leur travail, l'impact n'en sera que renforcé si elles œuvrent ensemble.

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Milton pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport ne fait l'objet d'aucune question.

18. Rapport de l'Organisation internationale de métrologie légale, OIML (W. Kool, BIML)

M. Kool, directeur adjoint du Bureau international de métrologie légale (BIML), fait une présentation au nom de Peter Mason, président du Comité international de métrologie légale (CIML), qui n'est pas en mesure d'assister à la réunion de la CGPM. Il commence en soulignant le lien spécial entre l'OIML et le BIPM et donne un bref historique de l'OIML.

M. Kool rappelle qu'au début du 20^e siècle, la CGPM a discuté d'une proposition visant à établir un comité consultatif sur la métrologie pratique. Il a néanmoins été décidé qu'il serait préférable de créer une organisation internationale distincte. Le 12 octobre 1955, une convention instituant une organisation internationale de métrologie légale a été signée par 22 États. En 1956 s'est tenue la première réunion de la Conférence de métrologie légale : l'OIML comprenait alors 25 États Membres et quatre Membres Correspondants. En 2014, elle compte 60 États Membres et 68 États Correspondants et ces chiffres continuent de progresser.

La Convention du Mètre a fourni le modèle d'organisation de l'OIML qui comprend une Conférence internationale, un Comité international et un Bureau international de métrologie légale. Le Comité international de métrologie légale (CIML) est constitué de 20 membres élus par la Conférence. En 1968, la convention a été amendée afin de changer la composition du CIML à un représentant par État Membre, désigné par le Gouvernement de son pays. Cette modification apportée à la convention a été un facteur crucial de développement de l'OIML car elle a permis, par la suite, à l'organisation de remplir les conditions fixées par l'Organisation mondiale du commerce (OMC) pour être reconnue comme une organisation internationale d'élaboration de normes. Les documents et recommandations de l'OIML sont ainsi devenus des normes internationales qui peuvent être référencées dans les législations nationales ou régionales comme des documents normatifs. L'OIML s'attache également à mettre en œuvre des procédures modernes concernant son travail technique, par exemple dans le cadre de l'évaluation de la conformité, de la certification et de l'accréditation. À cette fin, l'OIML maintient des relations étroites avec un certain nombre d'organisations internationales en concluant des protocoles d'accord. L'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) a reconnu le processus d'harmonisation des réglementations techniques fondée sur des normes internationales comme un mécanisme majeur de coopération internationale en matière de réglementation. L'OIML participe à une initiative de l'OCDE qui a pour objectif d'étudier le rôle des organisations internationales dans la coopération réglementaire internationale et ce travail fera l'objet d'une étude de cas.

Le président du CIML, Peter Mason, a annoncé que l'une de ses priorités est d'élaborer un plan stratégique de l'OIML afin de fournir à l'OIML de meilleures indications sur les activités qui doivent être développées. Dans les années à venir, l'OIML s'attachera à développer davantage son aptitude à servir la communauté internationale, c'est-à-dire non seulement les gouvernements et les organismes de réglementation mais aussi les autres parties prenantes telles que les fabricants, les commerçants et finalement les consommateurs. Cela permettra d'étendre l'Arrangement d'acceptation mutuelle de l'OIML pour qu'il couvre l'évaluation de type des instruments de mesure, en y ajoutant de nouveaux éléments tels que la « conformité au type » et de nouvelles catégories d'instruments. L'OIML continuera à se concentrer sur les pays et économies dont le système de métrologie est émergent. En 2015, l'organisation fêtera le 60^e anniversaire de la signature de la Convention de l'OIML, ainsi que la 50^e réunion du CIML. La 15^e réunion de la Conférence internationale de métrologie légale se tiendra en 2016.

M. Kool déclare que les liens entre le BIPM et l'OIML sont très spéciaux et continueront de l'être. Il illustre ses propos en citant un échange de lettres entre les deux organisations datant de 1970, tel qu'indiqué lors de la Conférence internationale de métrologie légale en 1972 : les relations entre le BIPM et l'OIML « se concrétis[ent] par des échanges d'informations [...], des consultations mutuelles, des représentations réciproques par des observateurs dans les réunions de travail sur des sujets d'intérêt commun, ou par tout autre moyen approprié [...] ». Aujourd'hui, cette collaboration porte également sur le soutien logistique concernant les systèmes d'information des deux organisations, l'organisation de la Journée mondiale de la métrologie, un site web commun et des brochures thématiques communes. Il n'y a pas de recouvrement entre le BIPM et l'OIML au sujet de questions techniques. Pour ce qui est des questions métrologiques, chacune des deux organisations est pleinement complémentaire de l'autre. Le BIPM et l'OIML coopèrent ensemble avec d'autres organisations internationales, notamment dans le cadre du JCGM ou du Réseau DCMAS et lors de la réunion annuelle quadripartite avec l'ISO et l'ILAC.

M. Kool termine sa présentation en indiquant que l'OIML reste déterminée à développer davantage ses relations avec le BIPM et avec d'autres organisations internationales, dans l'intérêt de la communauté mondiale. Il remercie les délégués de leur attention et leur souhaite une 25^e réunion de la CGPM couronnée de succès.

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Kool pour sa présentation et demande s'il y a des questions. La présentation ne fait l'objet d'aucune question.

19. « Métrologie et normalisation, les avantages de liens resserrés » par R. Steele, ISO

M. Steele, secrétaire-général de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), fait une présentation intitulée « Métrologie et normalisation, les avantages de liens resserrés ». M. Steele observe qu'il existe au sein des communautés de la métrologie et de la normalisation de nombreuses opportunités de resserrer les liens et qu'il est nécessaire de tenir compte des besoins des clients lors du développement d'une infrastructure de normalisation et d'évaluation de la conformité. Les disciplines de la métrologie, de la normalisation dans le domaine du commerce, de l'élaboration de normes, de l'accréditation et de la certification doivent être harmonisées et fonctionner ensemble afin de répondre aux besoins des clients. Si l'une de ces disciplines est omise dans une infrastructure de normalisation et d'évaluation de la conformité, des actions essentielles ne pourront pas être réalisées. Ainsi, sans métrologie, il n'est pas possible d'effectuer des mesures élémentaires et, sans certification, il ne peut y avoir de vérification par des tiers.

Selon M. Steele, il serait possible d'aller davantage de l'avant, notamment en matière de formation, pour augmenter la capacité de l'infrastructure de normalisation et d'évaluation de la conformité des économies en développement, et pas seulement des économies développées. Il ajoute que, si les communautés de la métrologie et de la normalisation sont internationales dans leur démarche, elles doivent également l'être en ce qui concerne la coopération. Il est nécessaire de faire davantage prendre conscience à l'industrie et aux consommateurs de l'importance de la métrologie et de la normalisation ; il existe de nombreuses possibilités de coopérer plus étroitement au niveau international et au niveau régional, ainsi qu'au niveau national entre les laboratoires nationaux de métrologie, les organismes de normalisation et ceux d'accréditation.

M. Steele donne un aperçu en chiffres de l'ISO. En novembre 2014, l'ISO comprend 165 membres nationaux représentant 97 % de la population mondiale et 98 % du revenu national brut dans le monde entier. L'ISO compte 232 comités techniques actifs, 3 483 organes techniques et 4 518 documents en cours de rédaction. L'ISO est en lien avec 649 organisations différentes. M. Steele souligne l'ampleur du travail accompli par l'ISO de 2010 à 2013 en évoquant l'ensemble de nouveaux projets qui traitent des besoins environnementaux, économiques et sociétaux de la population mondiale. Il constate que nombre de ces nouveaux projets dépendent de la métrologie ; un grand nombre de travaux en cours de l'ISO reposent sur des mesures, ce qui met en lumière la nécessité de liens resserrés entre les deux organisations.

M. Steele précise que l'idée d'être « international » est très importante dans les domaines de la normalisation et du commerce. Les normes internationales promeuvent l'efficacité du commerce et réduisent les obstacles au commerce tels que les coûts supplémentaires d'évaluation de conformité, les coûts d'information et une perte d'économies d'échelle. Les normes, la métrologie et la preuve de conformité sont des éléments critiques dans le commerce international et dans les échanges bilatéraux. L'échec du cycle de négociations de Doha pour le développement en 2003 et 2008 a conduit à une prolifération d'accords commerciaux bilatéraux et multilatéraux au détriment des accords à vocation universelle. En 2003, on comptait environ 250 accords bilatéraux et multilatéraux. Au 10 janvier 2013, l'OMC avait reçu 546 notifications d'accords commerciaux régionaux (ACR) dont 354 étaient en vigueur. La communauté de la normalisation et de l'évaluation de la conformité dispose de nombreuses possibilités pour assurer l'uniformité des normes et des mesures au niveau mondial afin de faciliter le commerce et empêcher les obstacles.

Pour promouvoir la métrologie et la normalisation à une plus large communauté, il faudra, selon M. Steele, commencer par parler « le langage des clients » et se concentrer sur les succès plutôt que sur les échecs. L'ISO utilise des études de cas pour transmettre son message sur la normalisation et elle en fait la promotion au sein des conseils d'administration en utilisant le langage des affaires. Il suggère à la communauté de la métrologie d'adopter la même approche. Les normes promeuvent l'innovation dans le milieu des affaires et l'ISO utilise les messages suivants : la normalisation est une question commerciale stratégique qui a un impact direct sur le développement de nouveaux produits ; le leadership en matière de normes est équivalent au leadership en matière de technologie ; les normes ne sont jamais neutres, elles reflètent les forces et les innovations de ceux qui les développent ; ne pas participer à la normalisation offre à la concurrence le pouvoir de décider ; le rythme de développement des normes internationales s'accélère.

M. Steele conclut en évoquant les tendances mondiales, l'impact et les opportunités dans les domaines de la normalisation et de la métrologie ; il se demande si l'infrastructure de la normalisation et de l'évaluation de la conformité est adaptée pour faire face aux défis à venir dans des domaines tels que la nanotechnologie, la sécurité, les technologies intelligentes, les villes, l'énergie et l'eau. Il souligne qu'il est vital que les communautés de la métrologie et de la normalisation dialoguent pour s'assurer que chaque groupe comprend les besoins et les préoccupations de l'autre. Il existe d'importantes possibilités de s'engager au niveau international entre le BIPM, l'ISO, l'ILAC, l'OIML et d'autres organisations. L'implication aux niveaux régional et national pourrait être plus forte mais la communauté de la métrologie fait déjà beaucoup en ce sens. L'ISO essaye de travailler plus simplement, plus rapidement et de façon optimale, ce qui requiert de trouver des solutions créatives et innovantes et d'être plus en phase avec le monde réel.

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Steele pour sa présentation et ouvre la discussion.

Mme Santo (Uruguay) rappelle les commentaires de M. Steele sur la coopération internationale et la nécessité d'accroître la collaboration au niveau régional. Elle note que le Système interaméricain de métrologie (SIM) a récemment signé un protocole d'accord avec des organisations de l'infrastructure de la qualité dans la région afin de coopérer dans de nombreux secteurs, tels que les comités techniques. Elle observe que c'est un pas en avant très important. M. Steele répond que l'ISO reconnaît sept groupes régionaux. En 2012, le Conseil de l'ISO a annoncé qu'il pourrait reconnaître et travailler avec des groupes sous-régionaux par le biais de protocoles d'accord. C'est une étape importante car les groupes régionaux tendent à se regrouper suivant leur appartenance géographique ou politique alors que les groupes sous-régionaux sont souvent attachés à des groupements ou blocs commerciaux. Les possibilités de travailler avec ces groupes devraient être étudiées.

M. Uğur (CIPM) demande si l'ISO a la capacité de préparer la prochaine génération de normes et de soutenir sa charge de travail actuelle étant donné le nombre de normes sur lesquelles l'organisation travaille. M. Steele répond que le catalogue de l'ISO compte environ 20 000 normes et que l'ISO n'a retiré qu'environ 300 normes de son catalogue en 2013. Il observe que l'ISO doit étudier comment associer la prochaine génération de personnes, la technologie et une réflexion sur la façon de développer les normes. Des débats sont en cours au sein de l'ISO pour essayer, et s'assurer, d'utiliser les technologies pertinentes pour les utilisateurs les plus jeunes afin de les impliquer dans le processus de normalisation.

20. « Métrologie et accréditation, les avantages de liens resserrés » par E. Oehlenschlaeger, ILAC

M. Oehlenschlaeger, représentant de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), fait une présentation intitulée « Métrologie et accréditation, les avantages de liens resserrés ». Il note que l'ILAC compte plus de 45 000 laboratoires accrédités dans le monde entier qui effectuent des essais et des étalonnages conformément à la norme ISO/IEC 17025. Ces laboratoires réalisent des mesures de l'échelle nanométrique à l'échelle macrométrique pour diverses disciplines, de la biologie à l'électronique. Lorsque des mesures sont effectuées par des laboratoires d'essais et d'étalonnages accrédités ISO/IEC 17025 ou par des laboratoires de médecine accrédités ISO 15189, les mesures doivent être traçables au SI chaque fois que possible. Lors de l'évaluation des plus de 45 000 laboratoires accrédités, les experts des organismes d'accréditation demandent à consulter les documents démontrant la traçabilité au SI. Tous les évaluateurs sont formés de façon similaire et ont une connaissance approfondie des politiques de l'ILAC. La majeure partie des milliards de mesures effectuées chaque année par les laboratoires accrédités pour soutenir le commerce sont traçables au SI par l'intermédiaire des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres du BIPM.

La collaboration étroite entre l'ILAC et le BIPM a abouti à la publication en 2007 du document « Calibration and Measurement Capabilities » rédigé par le Groupe de travail commun au BIPM et à l'ILAC : ce document a conduit à l'élaboration d'une définition commune du concept d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnage (CMCs). Depuis sa publication, le CIPM MRA a joué un rôle croissant dans le domaine de l'accréditation. En 2010, l'ILAC a pour la première fois publié sa politique en matière d'estimation de l'incertitude d'étalonnage (document ILAC P14) et ce document a été mis à jour en 2013. Une fois encore, la forte coopération entre le BIPM et l'ILAC a été mise en évidence par la participation d'un représentant du BIPM au groupe de travail de l'ILAC travaillant à la préparation de ce document. L'ILAC, le BIPM, l'OIML et l'ISO ont publié en 2011 une

déclaration commune quadripartite sur la traçabilité métrologique. En 2013, l'ILAC a publié sa politique en matière de traçabilité (document ILAC P10) qui fait du CIPM MRA la pierre angulaire du programme d'accréditation de l'ILAC car il donne accès de façon fiable aux sources de la traçabilité des mesures.

M. Oehlenschlaeger souligne que ce n'est pas seulement le CIPM MRA qui est important pour l'accréditation et l'ILAC mais aussi la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) : elle constitue un outil précieux utilisé par de nombreux organismes d'accréditation pour établir les pratiques de pointe en métrologie. Les évaluateurs ont directement accès à une grande quantité d'informations sur les CMCs ainsi qu'aux résultats des comparaisons clés. L'ILAC attend avec intérêt que soient effectués l'examen de la KCDB et celui du CIPM MRA et contribuera aux discussions préalables. L'ILAC et ses laboratoires accrédités font partie des utilisateurs majeurs des services du CIPM MRA.

M. Oehlenschlaeger remarque que le fait qu'un grand nombre de laboratoires nationaux de métrologie fournissent des services essentiels qui ne sont pas couverts par le CIPM MRA, tels ceux que couvrent les programmes d'essais d'aptitude, connus sous le nom de comparaisons inter-laboratoires, est reconnu et très apprécié. Par ailleurs, un petit groupe de laboratoires accrédités disposent d'étalons primaires et ont besoin d'accéder à un service dont ils ne peuvent bénéficier que par l'intermédiaire de laboratoires nationaux de métrologie (afin de comparer leurs réalisations du SI ou des unités dérivées du SI à celles réalisées dans le cadre du CIPM MRA). L'ILAC souhaiterait que ce service soit considéré comme un besoin du marché lorsque le CIPM MRA sera révisé afin qu'il devienne plus disponible, en respectant le fait qu'une comparaison clé reste avant tout organisée pour les laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre du CIPM MRA. L'ILAC apprécie grandement la contribution des laboratoires nationaux de métrologie qui offrent déjà de telles comparaisons à quelque niveau que ce soit et encourage l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie qui ont signé le CIPM MRA à faire de même.

M. Oehlenschlaeger précise que certains laboratoires nationaux de métrologie font le choix à la fois de participer au CIPM MRA et d'être accrédités. Au sein d'une région, il existe une étroite coopération entre l'organisation régionale de métrologie et la coopération régionale d'accréditation, ce qui a conduit en 2012 à rédiger le document de communication commun au CIPM et à l'ILAC sur l'accréditation des services d'étalonnage et de mesurage des laboratoires nationaux de métrologie (« *Joint ILAC – CIPM Communication regarding the Accreditation of Calibration and Measurement Services of National Metrology Institutes* »). L'ILAC se félicite de voir l'accréditation reconnue et espère que les laboratoires nationaux de métrologie accrédités tireront dans le futur encore plus profit de leur accréditation, afin d'éviter toute duplication du travail dans l'évaluation des systèmes de management de la qualité. Le document de communication commun apporte des éclaircissements sur la façon dont les organismes d'accréditation tirent avantage du travail des Comités consultatifs du CIPM et des comparaisons clés auxquelles le laboratoire national de métrologie a participé. Ainsi, le CIPM MRA et les procédures d'accréditation de l'ILAC se complètent de la meilleure façon possible.

Alors que de nombreux domaines de la traçabilité ont atteint un haut niveau de développement, de nouveaux domaines émergent en permanence et nécessitent que les organisations coopèrent. C'est le cas pour la traçabilité en médecine de laboratoire, avec le travail commun du JCTLM, et pour la croissance constante du nombre de matériaux de référence enregistrés dans la KCDB. L'ILAC et le BIPM collaborent dans un certain nombre d'autres forums, souvent avec d'autres partenaires. L'exemple le plus notable est peut-être celui du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) qui publie le VIM et le GUM. Au sein du Réseau DCMAS, l'ILAC et le BIPM travaillent de concert pour renforcer l'infrastructure technique des pays émergents, ce qui apporte des bénéfices à

tous. La participation impartiale et pondérée du BIPM aux groupes de travail de l'ILAC a été de grande valeur et ses avantages ne doivent pas être sous-estimés. L'ILAC se réjouit sincèrement de poursuivre cette coopération dans le futur.

L'ILAC apprécie les liens étroits entre le BIPM et la communauté des laboratoires nationaux de métrologie en général, ce qui a permis de faire progresser l'élaboration des procédures de base de l'ILAC. Des réunions entre l'ILAC et le BIPM se tiennent chaque année afin de s'assurer de leur relation saine et de traiter les questions pertinentes pour les communautés de la métrologie et de l'accréditation. L'ILAC et le BIPM travaillent en commun, dans un esprit d'ouverture et de coopération, avec comme intérêt mutuel d'assurer la traçabilité mondiale des mesures, afin de soutenir les affaires et le commerce sur le marché mondial.

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Oehlenschlaeger pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. Laiz (Argentine) demande quelles sont les attentes de l'ILAC concernant l'examen de la KCDB et du CIPM MRA. M. Oehlenschlaeger répond que l'ILAC n'a pas d'opinion quant au processus d'examen mais le besoin de l'ILAC vis-à-vis des laboratoires nationaux de métrologie et de la communauté de la métrologie est la traçabilité. La traçabilité au niveau international est assurée dans la majorité des cas par des laboratoires nationaux de métrologie mais il est possible que des laboratoires d'étalonnage de haut rang disposent d'étalons primaires. Les sociétés pharmaceutiques, par exemple, souhaitent avoir des étalons primaires qui ne puissent pas être contaminés par des parties externes. Ces laboratoires doivent être en mesure de comparer leurs étalons à ceux de laboratoires nationaux de métrologie. Même s'il est admis qu'ils ne peuvent pas participer aux comparaisons clés du CIPM, ils ont besoin d'un lien à ces comparaisons par le biais de comparaisons bilatérales de haut niveau métrologique avec les laboratoires nationaux de métrologie adéquats. L'ILAC souhaiterait que les laboratoires nationaux de métrologie offrent de façon effective, en plus des étalonnages de haut niveau requis en permanence, ce type de service.

21. Rapport du président du CCPR

M. Usuda, président du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), présente son rapport sur les activités du CCPR depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

Le CCPR est responsable de la métrologie dans le domaine de la lumière telle que perçue par l'œil humain, en termes de luminosité (photométrie) et de couleurs (colorimétrie), et dans le domaine de la radiométrie, c'est-à-dire la mesure de la puissance de rayonnement absolue et d'autres grandeurs associées du spectre visible et des spectres adjacents que sont les infrarouges et les ultraviolets. La photométrie et la radiométrie couvrent également la mesure des propriétés optiques des matériaux, telles que la réflexion, la transmission et l'apparence.

La réalisation de l'unité photométrique de base du SI, la candela, est le fondement de l'évaluation de l'éclairage. Les activités dans ce domaine sont étroitement liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique (éclairage à semi-conducteurs, cellules photovoltaïques), aux études sur l'environnement

et le climat (observation de la Terre) et à la qualité de vie (systèmes d'aide à la vision humaine). Les mesures précises en radiométrie s'étendent aux domaines des biotechnologies (détection par fluorescence) et de la sécurité cybernétique (comptage de photons pour la cryptographie quantique).

Domaine de compétence du CCPR

Le Comité consultatif de photométrie (CCP), établi en 1933, est devenu en 1971 le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR). Le CCPR a pour responsabilité de conseiller le CIPM sur les sujets relatifs à la photométrie et à la radiométrie. Il est actuellement chargé :

- de la réalisation pratique de l'unité photométrique de base du SI, la candela, et des étalons de mesure des grandeurs photométriques et radiométriques associées (flux lumineux, intensité lumineuse, éclairage lumineux, flux énergétique spectral, luminance énergétique spectrale, éclairage énergétique spectral) ;
- du développement de la radiométrie absolue (échelles de sensibilité spectrale absolue) ;
- du développement des échelles de mesure pour les propriétés optiques des matériaux, ce qui inclut d'assurer la traçabilité au SI des mesures de colorimétrie des matériaux (échelles de réflexion spectrale et de transmission spectrale) ;
- de l'identification des besoins métrologiques en matière de fibres optiques et du soutien en la matière ;
- de l'organisation de comparaisons clés afin d'établir la comparabilité mondiale des étalons de mesure.

Stratégie

Le CCPR a établi son Groupe de travail sur la stratégie en 2005 afin de conseiller le CIPM sur les orientations à prendre en photométrie et radiométrie concernant le SI. Un autre objectif de ce groupe de travail était d'optimiser la structure opérationnelle du CCPR et de définir ses priorités techniques en tenant compte des besoins de la communauté internationale, tels que le besoin de nouvelles définitions ou de nouveaux étalons et de travaux de recherche coordonnés. En 2007, les termes de référence du Groupe de travail sur la stratégie ont été étendus afin d'inclure le suivi des avancées concernant la révision à venir du SI, ce qui a abouti à la création d'un sous-groupe de travail sur le SI.

Depuis, le Groupe de travail sur la stratégie a effectué les activités suivantes. Sa première réalisation a été de publier un document de prise de position sur l'évolution des besoins en photométrie et radiométrie pour le rapport du CIPM de 2007 intitulé « Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM ». En 2012 et 2013, le Groupe de travail sur la stratégie a élaboré le plan stratégique du CCPR qui concerne les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés membres du CCPR et leurs parties prenantes : ce plan doit être mis à jour régulièrement. Afin d'assurer ces mises à jour et de faciliter les discussions scientifiques sur de nouveaux thèmes liés aux applications, le Groupe de travail du CCPR sur la stratégie a mis en place des forums de discussion qui constituent une nouvelle catégorie de sous-groupes de travail. Cette structure moins formelle permet d'aborder des questions métrologiques et de nouveaux sujets d'intérêt qui gagnent à être discutés par un plus grand nombre de spécialistes, en dehors du CCPR. Ces sous-groupes de travail, ou forums de discussion, sont destinés à avoir une durée de vie limitée et ont pour

mission de recommander des tâches spécifiques au CCPR, comme l'établissement de nouveaux groupes de travail techniques, l'identification des besoins en matière de collaborations entre les laboratoires nationaux de métrologie, ou le lancement de nouvelles comparaisons clés ou études pilotes pour assurer la traçabilité au SI et étayer les CMCs.

Dès sa création, le CCPR a collaboré avec d'autres organisations internationales. Il maintient en particulier des activités régulières de liaison avec la Commission internationale de l'éclairage (CIE) qui a le statut d'observateur au CCPR. La CIE est responsable de la normalisation des réponses de l'homme concernant la vision photopique, scotopique et mésopique. En 2007, la CIE et le CIPM ont signé un accord qui reconnaît les rôles complémentaires des deux organisations : le CIPM est responsable de la définition des unités photométriques, alors que la CIE est en charge de la normalisation du spectre d'action de l'œil humain. L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a également le statut d'observateur au CCPR : les études sur le changement climatique sont un domaine d'intérêt commun car de nombreuses variables climatiques essentielles reposent sur des mesures radiométriques par satellite ou au sol.

Les conférences internationales NEWRAD (« New Developments and Applications in Optical Radiometry »), qui se tiennent tous les trois ans, sont l'occasion pour le CCPR de discuter de thèmes interdisciplinaires tels que l'optique quantique, l'observation de la Terre, la radiométrie stellaire et solaire, avec les laboratoires nationaux de métrologie et d'autres organismes académiques. Les activités de collaboration avec d'autres Comités consultatifs deviennent par ailleurs plus courantes : c'est le cas notamment avec le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM) concernant les besoins récents en matière de mesure des terahertz, et avec le Comité consultatif de thermométrie (CCT) concernant la thermométrie par rayonnement.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

En 2012 a été organisé un atelier sur la mise en pratique de la candela, auquel la CIE a participé : il a permis de recommander au CCPR de créer un sous-groupe de travail commun au CCPR et à la CIE afin de développer conjointement une publication sur les principes régissant la photométrie. Ce document comprendra des informations sur toutes les grandeurs et unités photométriques et sur les fonctions d'efficacité lumineuse spectrale normalisées de la CIE pour la vision photopique, scotopique et mésopique. Il remplacera la Monographie du BIPM intitulée « Principes régissant la photométrie » (1983) et devrait constituer une mise à jour du rapport technique « *CIE 18.2-1983: The Basis of Physical Photometry* » de la CIE qui est presque identique. Il a également été discuté, lors de l'atelier, de la meilleure façon de préparer une mise en pratique. Le nouveau document intégrera le spectre d'action récemment défini par la CIE pour la vision humaine dans des conditions d'éclairage intermédiaires (vision mésopique).

Un atelier sur les unités du SI en photométrie et radiométrie a été organisé en 2013 avec, de nouveau, la participation d'un représentant de la CIE. Au cours de l'atelier, il a été discuté de la proposition de remplacer la candela par le lumen comme unité photométrique de base du SI. Le représentant de la CIE a présenté la conclusion à laquelle est parvenue la CIE après avoir débattu de ce sujet, à savoir une recommandation selon laquelle *en l'absence de raisons impératives de remplacer l'unité de base du SI, la candela, par le lumen, il est hautement recommandé de maintenir le statu quo*². Les participants à l'atelier ont exprimé leur accord avec cette recommandation.

² Traduction non officielle du BIPM de la recommandation de la CIE : « in the absence of compelling reasons to change from the candela to the lumen as the SI base unit, it is highly recommended to maintain the *status quo*. »

Les forums de discussions ont progressé dans leurs objectifs en réalisant des enquêtes. Les forums de discussion 6 (Fibre optique) et 8 (Métrologie des terahertz) ont mené des enquêtes sur les aptitudes et les besoins des laboratoires nationaux de métrologie concernant, respectivement, la traçabilité des mesures par fibre optique et celle des mesures des terahertz. Cela a notamment permis de fixer des priorités en matière de besoins métrologiques, d'établir un nouveau sous-groupe de travail, le forum de discussion 9 (Comparaison de longueur par réflectométrie optique dans le domaine temporel) dont l'objectif est de développer le protocole technique d'une étude pilote de mesures de longueur par réflectométrie optique dans le domaine temporel, et de lancer des recherches préliminaires sur la comparaison de détecteurs aux fréquences terahertz conduite par les laboratoires nationaux de métrologie actifs dans ce domaine.

Principales activités

- Examen de la proposition du CCU concernant la formulation de la définition de la candela et commentaires ;
- Création d'un certain nombre de sous-groupes techniques ayant pour thème :
 - la métrologie à faible flux de photons,
 - les fibres optiques,
 - l'analyse des comparaisons,
 - les comparaisons de longueur par réflectométrie optique dans le domaine temporel,
 - le SI,
 - la mise en pratique,
 - la métrologie des terahertz, avec une personne assurant la liaison avec le CCEM ;
- Échange d'informations avec la CIE dans des domaines d'intérêt commun, tels que :
 - l'introduction par la CIE d'un observateur pour la vision mésopique,
 - la reformulation de la définition de la candela ;
- Publication commune au CCPR et à la CIE des « Principes régissant la photométrie » ;
- Publication de la mise en pratique des unités photométriques ;
- Publication d'une série de directives internes au CCPR afin de rationaliser les processus liés aux comparaisons clés ;
- Organisation de deux ateliers auxquels la CIE a participé :
 - l'atelier sur la mise en pratique de la candela (2012),
 - l'atelier sur les unités du SI en photométrie et radiométrie (2013) ;
- Achèvement de la première série de comparaisons clés ; examen et approbation de deux comparaisons du CCPR et de dix comparaisons d'organisations régionales de métrologie depuis la précédente réunion de la CGPM ;
- Planification minutieuse de la seconde série de comparaisons clés, similaire à la première série, mais avec un rythme initial d'une comparaison clé par an afin d'éviter une surcharge de travail pour les membres du CCPR.

Défis et difficultés

La définition actuelle de la candela, l'unité photométrique de base, a été adoptée en 1979 : elle offre une plus grande flexibilité dans le choix de la méthode de réalisation de l'unité par rapport à la définition de 1948 fondée sur l'utilisation d'une source spécifique, un corps noir de platine à son point de congélation, qui était difficile à mettre en pratique. La définition de 1979 peut être réalisée plus facilement par une méthode directe qui consiste à étalonner directement une lampe étalon par rapport à un photomètre lui-même étalonné par rapport à un radiomètre absolu.

En raison des possibilités offertes par cette définition et de la grande disponibilité d'étalons primaires en radiométrie, ainsi que de contraintes en matière de ressources, le BIPM a mis fin à ses laboratoires de photométrie et radiométrie en 2003. Toutefois, cela ne signifie pas que la métrologie en photométrie et radiométrie a atteint sa maturité. En effet, l'amélioration technologique apportée par les diodes électroluminescentes (LED) dont l'application à l'éclairage ordinaire s'est rapidement développée au cours de la décennie passée, et qui remplace les sources lumineuses incandescentes et fluorescentes traditionnelles, a conduit à une transformation profonde dans les domaines de la lumière et de l'éclairage. Ce changement a des répercussions sur les travaux des laboratoires nationaux de métrologie et du CCPR car les méthodes de mesure des grandeurs optiques les plus pertinentes pour ces LED diffèrent de celles utilisées pour les sources traditionnelles et doivent donc continuer à être développées. Il est demandé aux laboratoires membres du CCPR d'adapter leurs étalons nationaux afin de passer des sources d'éclairage traditionnelles aux sources d'éclairage à semi-conducteurs.

La section de photométrie et de radiométrie du BIPM, avant de fermer, jouait un rôle actif et viable dans les secteurs pour lesquels les laboratoires nationaux membres du CCPR travaillaient et elle avait organisé plusieurs comparaisons clés. Ces activités ont cessé lorsque la CGPM a pris la décision en 2003 de mettre fin à la section de photométrie et radiométrie du BIPM. Toutefois, les attentes de voir le BIPM jouer de nouveau un rôle de coordination dans ce domaine croissent.

Alors que le système actuel de traçabilité pour les niveaux de rayonnement optique relativement importants est bien établi, les étalons quantiques photoniques pour les faibles niveaux sont en cours de développement. Comblar le fossé entre ces différents niveaux reste un défi.

Pour l'homme, la vision est l'un des outils les plus importants pour obtenir des informations sur son environnement et prendre des décisions. C'est pourquoi l'industrie a de nouveaux besoins concernant des systèmes de mesure robustes pour l'apparence, l'affichage et l'image. Les moteurs de ces nouveaux développements sont la perception qu'a le consommateur de la qualité, de l'adéquation et de l'attrait du produit, ainsi que les moyens d'évaluer cette perception de façon indépendante de tout observateur humain lors des phases de conception, de production et d'essai des cycles de développement et de fabrication du produit.

Perspective à court terme et à long terme

Énergie

Systèmes photovoltaïques

Les systèmes photovoltaïques sont la technologie clé de la production d'énergie. En raison de la volonté de réduire la dépendance aux énergies fossiles, de diminuer les émissions de carbone et d'améliorer la durabilité, les systèmes photovoltaïques font l'objet de recherches dans le monde entier. Dans ce contexte, les parties prenantes requièrent que l'exactitude des mesures de l'efficacité

des systèmes photovoltaïques, effectuées dans des conditions réelles et à l'échelle de la production, soit améliorée et que la traçabilité internationale des mesures de tous les types de cellules photovoltaïques soit cohérente.

Éclairage à semi-conducteurs

Les systèmes d'éclairage à semi-conducteurs font une percée majeure sur le marché des biens de consommation en raison du retrait progressif des lampes à incandescence énergivores. Les défis métrologiques en photométrie et radiométrie sont associés aux nouvelles technologies de sources d'éclairage (LED, OLED) qui, par leur nature, sont évolutives. Toutefois, dans la pratique, ces défis sont plutôt liés au fait de garantir aux clients l'existence d'un indicateur de mesure approprié aux appareils et à leur usage prévu et de s'assurer que l'industrie peut notamment uniformiser les conditions de mesure. Avec une transition sur le plus long terme aux OLED et aux panneaux d'éclairage, les techniques devront encore évoluer et être uniformisées. Cette évolution ne sera cependant pas un élément moteur pour les étalons primaires fondamentalement nouveaux ou les comparaisons clés mais il sera nécessaire d'examiner attentivement quels artefacts choisir pour les futures comparaisons. Ainsi, les parties prenantes devront uniformiser les spécifications des conditions de mesure pour les nouveaux types d'éclairage et développer des indicateurs de mesure afin de répondre aux attentes des consommateurs.

Environnement et climat

Les changements climatiques sont dus à de subtiles modifications de l'équilibre entre les rayonnements optiques (absorbés et émis) à la surface de la Terre, ce qui conduit à une augmentation de la température globale. Même si, en principe, le changement absolu de température peut être mesuré par le biais d'un réseau mondial de « thermomètres », les résultats obtenus ne constituent pas un indicateur fiable en raison de problèmes d'échantillonnage, de variations thermiques locales et de techniques de mesure. La communauté utilise ainsi toute une gamme d'indicateurs pour surveiller et observer le changement climatique et son impact : il s'agit de ce que l'on appelle les « variables climatiques essentielles » (ECV) dont plus des deux tiers sur un total de 50 reposent sur des mesures du rayonnement optique, qu'il soit émis, direct, absorbé ou réfléchi. De nouveaux étalons de mesure seront requis pour suivre les changements environnementaux ainsi que les performances écologiques des nouvelles technologies.

Comme la surveillance du changement climatique doit être effectuée au niveau mondial, cela accentue la nécessité d'observer par satellite le système Soleil-Terre. Afin de détecter de façon fiable les changements environnementaux et de surveiller le climat, il est nécessaire de disposer d'une infrastructure métrologique par satellite stable et robuste, ce qui implique d'effectuer des mesures à des niveaux très bas et sur de longues distances. Parmi les activités qui doivent être traitées en priorité par le biais de la recherche figurent l'établissement de techniques de mesure traçables et validées, le développement de capteurs et étalons de mesure permettant de détecter de petits changements sur de longues périodes, et l'évaluation et la gestion du bruit environnemental. Les besoins métrologiques et les défis clés dans ces domaines sont les suivants :

- le développement de nouveaux capteurs et de mesures associées concernant les températures des eaux de surface et de l'océan et les tendances stables à long terme de la composition de l'océan et de l'atmosphère,
- l'établissement d'un système distribué capable d'assurer la traçabilité aux unités du SI des données fournies par les réseaux mondiaux de mesure par satellite et au sol,
- le développement de techniques permettant d'effectuer de telles mesures dans l'espace à partir d'un ensemble d'étalons et d'instruments radiométriques traçables au SI.

Santé et qualité de vie

Les secteurs de la santé et de la médecine continuent à utiliser de façon croissante le rayonnement optique comme outil de diagnostic et de traitement. La métrologie dans le domaine de la santé étaye l'exploitation plus fiable et plus efficace des méthodes diagnostiques et thérapeutiques ainsi que le développement de nouvelles techniques, ce qui est nécessaire pour améliorer les soins de santé, limiter les coûts et favoriser la compétitivité des industries et services dans ce domaine.

Sécurité

La métrologie dans le domaine de la sécurité comprend le développement et la caractérisation de sources et détecteurs aux fréquences terahertz. Le domaine des terahertz est la dernière partie du spectre électromagnétique non ionisant à être exploitée technologiquement : ainsi, une nouvelle industrie des terahertz se développe rapidement. Les principaux moteurs de cette rapide évolution, outre la sécurité, sont l'imagerie médicale, les examens biologiques tels que les toxines dans l'atmosphère, ainsi que la spectrométrie biologique et pharmaceutique des solides et des liquides. Actuellement, la métrologie ne peut soutenir cette activité que dans une faible mesure bien que cela ait été requis par l'industrie. La croissance de ce besoin industriel requiert l'établissement de la traçabilité des mesures radiométriques dans le domaine des terahertz.

Une autre option de recherche est de soutenir la cryptographie quantique par des sources de photons liés qui présentent également un intérêt pour la radiométrie, et par la validation de procédures concernant l'intégrité des informations, ce qui a des répercussions sur la métrologie légale. Les propriétés de confidentialité extrêmement fortes des systèmes de distribution de clé quantique peuvent être utilisées comme des technologies de renforcement de la sécurité pour augmenter le niveau de protection des données personnelles. L'objectif est de développer des compétences et des aptitudes métrologiques afin de pouvoir répondre aux besoins liés aux développements à venir concernant les composants des systèmes de distribution de clé quantique tels que les sources, les détecteurs, les générateurs quantiques de nombres aléatoires et les répéteurs quantiques.

Données sur le CCPR

CCPR établi en 1933 (sous le nom de Comité consultatif de photométrie, CCP)

Président : T. Usuda

Secrétaire exécutif : M. Stock

Composition :

23 membres et 4 observateurs

Réunions depuis la 24^e réunion de la

23-24 février 2012 / 17-18 septembre 2014

CGPM :

Trois groupes de travail :

- Comparaisons clés

- CMCs

- Stratégie

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s)	En cours	Programmée(s)
Comparaisons clés du CCPR (et comparaisons supplémentaires)	20 (dont 3 approuvées pour l'équivalence provisoire, avant 1999)	2	8 [jusqu'en 2019]
Comparaisons du BIPM	3 (activité qui n'existe plus au BIPM)	0	0
Études pilotes du CCPR	3	0	2
CMCs	1 271 CMCs dans 85 catégories de service publiées dans la KCDB		

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Usuda pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport du président du CCPR ne fait l'objet d'aucune question.

22. Rapport du président du CCT

M. Duan, président du Comité consultatif de thermométrie (CCT), présente son rapport sur les activités du CCT depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

Le CCT est responsable de la métrologie dans les domaines de la température, de l'humidité et des grandeurs thermophysiques³. En 2012, le CCT a effectué une analyse approfondie de son travail depuis la mise en œuvre du CIPM MRA et a établi des prévisions concernant l'impact de ses activités : le processus de planification stratégique a fait apparaître, de façon claire, qu'une augmentation importante du nombre de comparaisons clés n'était pas escomptée. Par ailleurs, le nombre de groupes de travail du CCT a été réduit lors d'une récente restructuration.

Il est essentiel de connaître avec exactitude la température dans les sciences, la technologie et l'industrie, domaines où il est nécessaire d'être précis et de repousser les limites. La métrologie de la température et de l'humidité joue un rôle important dans les études du climat et la mesure des grandeurs thermophysiques fournit des données essentielles qui permettent de limiter les coûts liés à la consommation énergétique.

Domaine de compétence du CCT

Le CCT conseille le CIPM sur tous les sujets et questions scientifiques qui présentent de l'intérêt pour la métrologie dans les domaines de la température, de l'humidité et des grandeurs thermophysiques ;

³ Les grandeurs thermophysiques décrivent le comportement thermique de la matière : il s'agit par exemple de la conductivité thermique ou de l'isolation thermique.

il assure la continuité, la fiabilité et l'exactitude d'une échelle internationale de température commune et promeut les meilleures pratiques. Le CCT identifie et organise des comparaisons clés dans les domaines qu'il couvre afin d'assurer la comparabilité mondiale des mesures et leur traçabilité au SI et afin de garantir la qualité des données fournies. Le CCT sert par ailleurs de référence et de réseau à la communauté diversifiée de la thermométrie afin de fixer des objectifs communs et d'établir des collaborations entre les laboratoires nationaux et désignés des États Membres ou d'autres organismes pertinents.

Stratégie

En 2012, le CCT a effectué une analyse approfondie de son travail depuis la mise en œuvre du CIPM MRA et a établi des prévisions concernant l'impact de ses activités. Le plan stratégique du CCT donne un aperçu des besoins présents et à venir de la métrologie dans le domaine thermique. Étant donné qu'aucune activité de métrologie des températures n'est réalisée au BIPM, le plan stratégique du CCT concerne les laboratoires nationaux de métrologie, les laboratoires désignés, ainsi que leurs parties prenantes, et sera régulièrement mis à jour.

Le processus de planification stratégique a fait apparaître, de façon claire, qu'une augmentation importante du nombre de comparaisons clés n'était pas escomptée. Les comparaisons permettant de démontrer la comparabilité des aptitudes de mesure en thermométrie sont parvenues à maturité et l'activité de comparaison concerne surtout des répétitions de comparaisons clés. Au cours des dix dernières années, un certain nombre de comparaisons d'étalons d'humidité ont été lancées et nécessitent de relever en permanence des défis techniques. La discipline la plus récente couverte par le CCT est le domaine interdisciplinaire des grandeurs thermophysiques : trois comparaisons supplémentaires concernant différentes grandeurs sont actuellement en cours.

Au cours des vingt dernières années, le CCT a connu une augmentation du nombre de ses groupes de travail et une hausse importante du nombre de ses membres. À la suite de la planification stratégique, et afin de répondre à une demande générale formulée par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, le CCT a procédé à un examen de ses groupes de travail, de leur mission et de leur composition, lors de sa 27^e réunion en 2014. Le nombre de groupes de travail a ainsi été réduit de dix à six. Trois de ces groupes de travail sont en charge des tâches continues du CCT permettant d'assurer la qualité des résultats des comparaisons clés, la pertinence des données soumises concernant les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) et la planification stratégique ; les trois autres groupes de travail couvrent les domaines de la thermométrie par contact, de la thermométrie sans contact et de l'humidité.

Certaines des activités fondamentales du CCT ont été rassemblées dans cinq sous-groupes de travail d'une durée de vie limitée en fonction des objectifs à atteindre et du temps requis pour y parvenir. Deux de ces sous-groupes de travail ont pour mission de poursuivre la révision du guide sur la réalisation de l'Échelle internationale de température et du guide sur la thermométrie secondaire ; un sous-groupe de travail est spécifiquement dédié à l'élaboration de la nouvelle définition du kelvin ; un quatrième est en charge des thèmes majeurs concernant les grandeurs thermophysiques. Un nouveau sous-groupe de travail a été créé : il a pour objectif d'étudier la meilleure façon pour le CCT de contribuer à répondre aux problèmes environnementaux.

Le document de stratégie publié par le CCT présente une étude détaillée de chacune des disciplines du CCT. Afin d'apporter une perspective différente, la section « Perspectives à court terme et à long

terme » du rapport du CCT résume brièvement les besoins et l'impact du travail du CCT dans un nombre choisi de secteurs significatifs.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Le CCT s'est réuni deux fois depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011). Tel que recommandé par le Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM en 2012, les présidents des comités techniques concernés des organisations régionales de métrologie ont été invités aux réunions du CCT, ainsi qu'aux réunions des Groupes de travail sur la stratégie et sur les comparaisons clés. Après chaque réunion, des actions et décisions sont identifiées et publiées sur les pages internet du CCT afin qu'une synthèse soit rapidement mise à la disposition de tous, avant la publication du rapport de la réunion. Une newsletter mensuelle sur les activités du CCT est envoyée à tous les participants du CCT.

Principales activités

L'exercice de planification stratégique a servi de catalyseur pour identifier les besoins urgents dans le domaine de la thermométrie, tels que la validation des mises à jour des réalisations nationales de l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90) au-dessus du point d'argent au moyen de la thermométrie par rayonnement. Des actions ont été rapidement mises en place entre les participants potentiels à une nouvelle comparaison clé qui a été enregistrée dans la KCDB au moment de la réunion du CCT de mai 2014 et qui pourra être lancée au troisième trimestre de 2014.

Le rapport final de la première comparaison clé dans le domaine de l'humidité a été terminé ; une nouvelle comparaison clé de thermomètres à résistance de platine étalon impliquant 15 participants a été lancée et toutes les mesures sont achevées.

Les guides du CCT sur la réalisation de l'EIT-90 et sur la thermométrie secondaire ont été révisés. Le guide de la mise en pratique de la définition du kelvin a été rédigé puis soumis au Comité consultatif des unités (CCU) afin de pouvoir être publié dès que la nouvelle définition du kelvin sera adoptée par la CGPM.

Les groupes de travail du CCT ont travaillé de façon active et nombre d'entre eux se sont réunis lors de la conférence TEMPMEKO organisée à Madère, Portugal, en octobre 2013. Le Sous-groupe de travail sur le SI continue à suivre les progrès effectués concernant la détermination de la constante de Boltzmann et travaille également en étroite coopération avec le Committee on Data for Science and Technology (CODATA) de l'International Council for Science.

Comme précédemment décrit, la structure des groupes de travail du CCT a été rationalisée en 2014.

Le CCT maintient l'essentiel de ses contacts avec ses parties prenantes par l'intermédiaire de ses groupes de travail et sous-groupes de travail. Parmi les parties prenantes du CCT figurent des organismes internationaux tels que l'Association internationale pour les propriétés de l'eau et de la vapeur (IAPWS), l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), l'International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry (ICTAC), l'International Association of Chemical Thermodynamics (IACT) et certains groupes de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Des représentants de l'IAPWS et de l'OMM ont été invités à la réunion du CCT de 2014.

Le laboratoire national de métrologie finlandais, le Mittatekniikan Keskus (MIKES), est devenu membre du CCT en 2011 et le laboratoire national de métrologie brésilien, l'Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), en 2012. Les laboratoires croate, le Croatian Metrology Institute - Laboratory for Testing of Mechanical Properties (HMI/FSB-LPM), et tchèque, le Czech Metrology Institute (CMI), ont obtenu le statut d'observateur en 2012 et 2014, respectivement.

Défis et difficultés

Un défi du CCT, lié à la nouvelle définition du kelvin, est d'assurer un équilibre entre le souhait de repousser les limites des incertitudes de mesure obtenues lors de la détermination de la constante de Boltzmann à des niveaux jamais atteints et le besoin croissant de mesurer systématiquement la différence entre l'échelle de température actuelle (l'EIT-90) et la température thermodynamique à l'aide de nouveaux instruments et méthodes primaires. Cette responsabilité revient aux laboratoires nationaux de métrologie, dont certains transfèrent déjà les ressources liées à la détermination de la constante de Boltzmann aux mesures de la différence entre l'EIT-90 et la température thermodynamique, mais cela pourrait également avoir des répercussions sur l'incertitude finale atteinte pour la valeur de la constante de Boltzmann.

Par ailleurs, la nouvelle définition à venir du kelvin est claire et cohérente pour la communauté scientifique mais abstraite pour la plus grande partie de la communauté des utilisateurs : parvenir à rendre ce concept plus accessible, par exemple pour les écoliers et étudiants, constitue un défi.

Les comparaisons menées pour établir la traçabilité métrologique sont effectuées en faisant voyager entre les participants des étalons voyageurs, tels que des thermomètres de précision, des hygromètres ou des matériaux de référence. Cette façon de procéder est inévitablement chronophage, puisque les résultats des comparaisons internationales dépendent de la stabilité des étalons voyageurs. Malheureusement, des problèmes surviennent régulièrement lors du transport ; certains instruments sont extrêmement sensibles aux chocs et sont de telles dimensions qu'ils ne peuvent être transportés qu'à la main. D'autres problèmes sont liés aux procédures de douane qui peuvent en particulier altérer la qualité des instruments fragiles et sensibles utilisés pour une comparaison. Une réalisation de point fixe de l'EIT-90 contient du mercure qui, de fait, est très difficile à transporter pour des raisons de réglementation et de sécurité.

La thermométrie est considérée par nombre de personnes comme une science « ancienne » et peu d'étudiants choisissent cette voie aujourd'hui. Un sujet de préoccupation est de savoir comment maintenir le savoir existant dans cette discipline spécifique, non seulement dans le domaine de la métrologie mais aussi dans l'industrie manufacturière car la thermométrie est un élément fondamental pour la science et la technologie de haute précision. Il incombe à la communauté de la thermométrie de communiquer de façon plus claire sur l'importance de cette discipline.

Les défis techniques et scientifiques du CCT sont présentés ci-après.

Perspectives à court terme et à long terme

Science et soutien à la métrologie

Il est essentiel de connaître avec exactitude la température dans tous les domaines scientifiques qui requièrent d'être précis et de repousser les limites. L'unité de température du SI, le kelvin, est définie par la température du point triple de l'eau, où coexistent les trois états - solide, liquide et gazeux (0,01 °C). Elle peut être réalisée par un artefact physique qui prend la forme de cellules remplies d'eau hermétiquement closes, plus connues sous le nom de « cellules à point triple de l'eau ». Toutefois, les artefacts physiques ne sont généralement pas stables dans le temps ; ainsi, les impuretés de l'eau vont lentement induire une dérive de la référence mesurée. Cependant, la température peut également être définie par une constante de la nature à valeur fixée, la constante de Boltzmann k .

Au cours des dix années passées, de nombreux laboratoires du monde entier ont conduit des mesures sophistiquées afin de préparer une telle redéfinition du kelvin prévue en 2018. Ils ont utilisé diverses techniques très différentes qui permettront d'obtenir une détermination robuste et définitive de la constante de Boltzmann. Ces avancées ont également permis de mieux comprendre, et parfois de découvrir, d'importants facteurs d'influence. Les nouveaux équipements développés à cette fin seront par ailleurs utilisés pour mesurer la température thermodynamique sur un large domaine de températures. Cela permettra de déterminer la différence entre l'échelle de température actuelle (l'EIT-90) et la réalisation du kelvin à l'aide des nouveaux instruments et méthodes primaires. Cette phase a déjà commencé dans certains laboratoires nationaux de métrologie et il est attendu qu'elle dure au minimum jusqu'au début, ou au milieu, des années 2020.

Une tâche particulièrement importante du CCT est de maintenir et de réviser l'échelle internationale de température acceptée au niveau international. Les récents progrès concernant la nouvelle définition du kelvin, mais aussi les travaux précédemment menés, en particulier à des températures extrêmement basses, accentueront la nécessité de disposer d'une nouvelle échelle de température.

L'une des missions du CCT est de promouvoir les meilleures pratiques, ce qui est réalisé par le biais de plusieurs initiatives :

- un nouveau document sur la réalisation de l'EIT-90, qui remplacera la version précédente, est en cours de préparation et sera publié en 2015 sur les pages du CCT du site internet du BIPM en accès libre ;
- le guide sur la thermométrie secondaire, particulièrement utile aux utilisateurs finaux, est en cours de révision et la nouvelle version devrait être publiée sur le site internet du BIPM d'ici 2016 ;
- des guides sur l'évaluation des incertitudes en thermométrie ont été préparés, ou sont en cours de préparation, pour la température (thermomètres à résistance de platine étalon), l'humidité et les grandeurs thermophysiques : il est prévu de les publier sur le site internet du BIPM.

Technologie et économie

Une conception thermique fiable permettant le contrôle de la production dans l'industrie de la métallurgie et de la céramique repose sur des données thermophysiques concernant le transfert et le stockage de la chaleur (conductivité thermique, capacité calorifique et diffusion thermique). Les améliorations apportées à l'isolation des bâtiments, réfrigérateurs, fourneaux, fours, chaudières, conduites, etc. permettent une forte réduction des coûts au niveau international. La conductivité thermique comme indice direct des performances des matériaux d'isolation, et la détermination de la densité du flux thermique comme indice direct de perte de chaleur, deviennent de plus en plus utilisés. L'électronique de puissance est une technologie clé qui permet de contrôler le courant élevé

dans les convertisseurs, utilisés dans la transmission de puissance, les voitures hybrides, les véhicules et trains électriques. Les dissipateurs thermiques à conductivité élevée sont nécessaires pour réduire la surchauffe des équipements électriques alimentés par un courant élevé et la dilatation thermique des dissipateurs en est un facteur important. Les industries telles que l'aérospatiale ont recours à des techniques thermométriques améliorées pour fabriquer des structures de grande surface et pour concevoir et faire fonctionner de nouvelles turbines, autant que pour réaliser les opérations de routine. Par ailleurs, de nombreuses industries de haute technologie, de l'énergie nucléaire au traitement par laser des matériaux, ont besoin de contrôler de façon exacte la température pour assurer un processus de production sûr et efficace.

Les technologies industrielles avancées, telles que les équipements électriques hautement intégrés, les disques optiques, les disques optomagnétiques et les équipements thermoélectriques, requièrent de connaître de façon exacte les valeurs de grandeurs thermophysiques afin d'obtenir une conception thermique fiable, notamment pour les films fins.

En considérant le plus long terme, augmenter la puissance informatique par le biais de l'informatique quantique constitue un secteur industriel à fort potentiel de croissance qui repose sur des mesures thermométriques exactes à très basses températures.

Environnement et climat

Le climat et la météorologie sont des domaines prioritaires pour le CCT. La température et l'humidité sont des grandeurs fondamentales requises dans un large éventail de recherches sur le changement climatique. Des incertitudes relativement faibles sont nécessaires pour mesurer de façon fiable la température dans certains environnements mais des effets perturbateurs peuvent induire d'autres composantes d'incertitude plus grandes. Les exigences concernant la technologie et la méthodologie sont élevées, ce qui constitue un défi métrologique.

Le besoin de disposer de mesures d'humidité fiables dans des conditions extrêmement différentes représente un défi de taille : des méthodes de validation normalisées et des méthodes de quantification de l'incertitude sont nécessaires. Le CCT a commencé un travail de coopération important avec l'IAPWS afin de développer des définitions universelles des grandeurs dans le domaine de l'humidité. Ce travail vise à répondre aux besoins dans le domaine de l'observation et de la modélisation des conditions d'humidité à la surface de l'eau et sur terre.

D'autres avancées dans le domaine de l'humidité sont requises pour étayer les observations et la recherche sur le climat et le temps, nécessitant des mesures dans divers gaz tels que le dioxyde de carbone, l'hydrogène et des mélanges de gaz combustibles. Les laboratoires nationaux de métrologie auront de plus en plus besoin de démontrer la maîtrise des mesures de température dans ces différents milieux, notamment en étayant les CMCs et en effectuant d'autres harmonisations.

Le développement des aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie vers la production de réalisations primaires, leur dissémination, et leur traçabilité dans le cadre de mesures de grandeurs d'humidité dans divers gaz pour un intervalle de pressions, représente une innovation significative.

La comparabilité des mesures pour les observations météorologiques est insuffisante et la traçabilité des étalons de mesure internationaux insatisfaisante. En s'appuyant sur son réseau étendu de parties prenantes et sur sa compétence dans ce domaine, le CCT pourrait contribuer à améliorer cette situation, ce qui est prévu dans son plan stratégique à court terme et à long terme. La création d'un nouveau Sous-groupe de travail sur l'environnement constitue une première étape en ce sens.

Énergie

L'amélioration des techniques de thermométrie utilisées dans l'industrie est une étape fondamentale pour l'optimisation de la consommation d'énergie, la réduction des émissions, ainsi que pour l'amélioration des performances de la génération actuelle de centrales électriques. Il est particulièrement important de disposer de valeurs fiables pour la mesure des grandeurs thermophysiques afin de réduire la consommation énergétique mondiale. Ainsi, il est essentiel pour le secteur du commerce de connaître la quantité d'énergie calorifique libérée lors de la combustion des gaz naturels, des biocarburants et du bioéthanol. De même, la connaissance de la quantité l'énergie libérée par la fusion, puis emmagasinée, est essentielle pour l'industrie de l'automobile et du logement. Les propriétés des modules thermoélectriques et leur performance à convertir l'énergie calorifique sont d'autres exemples du rôle important des grandeurs thermophysiques.

Données sur le CCT

CCT établi en 1937

Président : Y. Duan

Secrétaire exécutive par intérim : S. Picard

Composition :

23 membres et 2 observateurs

Réunions depuis la 24^e réunion de la

24-25 mai 2012 / 21-23 mai 2014

CGPM :

Six Groupes de travail :

- Comparaisons clés
- Coordination des CMCs
- Stratégie
- Thermométrie par contact
- Thermométrie sans contact
- Humidité

Cinq sous-groupes de travail :

- SI
- Kelvin
- Guide en thermométrie
- Grandeurs thermodynamiques
- Environnement

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s)	En cours	Planifiée(s) [2015-2018]
Comparaisons clés du CCT (et comparaisons supplémentaires)	11	7 + (3)	3
Comparaisons du BIPM ⁴	0	0	0
Études pilotes du CCT	3	0	3
CMCs	2 222 CMCs dans 46 catégories de service publiées dans la KCDB		

Au nom du président de la CGPM, M. Inglis remercie M. Duan pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport du président du CCT ne fait l'objet d'aucune question.

⁴ L'une des comparaisons terminées du CCT a été pilotée par le BIPM.

23. Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM

M. Inglis ouvre ce point de l'ordre du jour au nom du président de la CGPM et invite M. Kaarls, secrétaire de la CGPM, à présenter la composition proposée concernant le Groupe de travail sur la dotation du BIPM. M. Kaarls indique qu'une réunion préliminaire informelle sur la dotation du BIPM s'est tenue le 17 novembre 2014 au BIPM dans le but de discuter du programme de travail du BIPM et de la dotation correspondante. Le Groupe de travail sur la dotation du BIPM se réunira le 19 novembre. Il donne la liste des États Membres représentés lors de la réunion informelle : l'Afrique du Sud, l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, le Brésil, le Canada, la Chine, l'Espagne, les États-Unis d'Amérique, la Fédération de Russie, la France, l'Italie, le Japon, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la République de Corée, le Royaume-Uni et la Suisse. M. Kaarls souligne que le CIPM est parti du principe que les représentants de ces États Membres participeraient au Groupe de travail sur la dotation du BIPM. M. Kaarls propose que le président du CIPM préside le Groupe de travail sur la dotation qui inclurait également le secrétaire du CIPM et le directeur du BIPM. L'administrateur comptable du BIPM et le directeur du Département des relations internationales et de la communication du BIPM assisteraient aussi à la réunion. M. Kaarls demande si d'autres États Membres souhaitent être représentés : le Portugal demande à l'être. La composition du Groupe de travail sur la dotation du BIPM est adoptée sans objection.

M. Inglis remercie, au nom du président de la CGPM, les orateurs invités et souligne que leurs présentations a mis en évidence le niveau de dépendance internationale par rapport au rôle et aux activités du BIPM. Il clôt ensuite la deuxième séance.

Troisième séance – 19 novembre 2014 (matin)

M. Taquet reprend son rôle de président de la CGPM et ouvre la troisième séance le mercredi 19 novembre.

24. Une stratégie à long terme pour le BIPM

M. Milton, directeur du BIPM, présente le travail effectué afin de définir une stratégie à long terme pour le BIPM et l'approuver. Pour ce faire, il a été nécessaire de réexaminer la mission, le rôle et les objectifs du BIPM, de développer une stratégie pour chaque Comité consultatif, puis une stratégie du BIPM pour les années 2016 à 2019, et enfin d'élaborer la stratégie à long terme du BIPM.

Le document « Mission, rôle et objectifs du BIPM » a constitué le fondement de l'élaboration de la stratégie. Les sept objectifs du BIPM peuvent être groupés en trois thèmes :

- la coordination technique :
 - établir et maintenir des étalons de référence appropriés,
 - coordonner les comparaisons internationales,
 - proposer certains services d'étalonnage,
- le soutien apporté à la structure mondiale en matière de coordination :
 - coordonner des activités entre les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres,
 - collaborer, selon les besoins, avec d'autres organisations intergouvernementales,
- la communication et la promotion :
 - organiser des réunions scientifiques,
 - informer par le biais de publications et réunions.

M. Milton présente les objectifs à long terme qui sont regroupés autour de trois thèmes : les activités de coordination et de collaboration internationales ; les domaines techniques (métrologie en physique, métrologie du temps et métrologie de la chimie et des rayonnements ionisants) ; les objectifs de soutien à la stratégie tels que les ressources humaines et l'infrastructure du BIPM. Il donne quelques exemples des objectifs à long terme pour chacun de ces trois thèmes. Concernant la coordination et la collaboration internationales, les objectifs à long terme sont notamment de continuer à adapter les activités de coordination et celles techniques à l'évolution des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de métrologie et de mieux équilibrer les possibilités de participation pour tous les États Membres. Pour la métrologie en physique et la métrologie du temps, il s'agit notamment de sélectionner et d'utiliser les moyens les plus exacts et efficaces de réaliser le kilogramme à l'aide de l'expérience de la balance du watt et de la méthode de masse volumique de cristaux par rayons x (XRCD), de mettre en œuvre une nouvelle génération d'étalons électriques quantiques compacts et polyvalents pour les comparaisons sur site, et de fournir un UTC presque en temps réel. Parmi les objectifs relatifs aux ressources humaines et à l'infrastructure figure le fait d'augmenter les possibilités de détachements depuis et vers le BIPM et de fournir un accès électronique à toutes les réunions clés.

M. Milton décrit en détail la stratégie à long terme des projets en métrologie de la chimie et des rayonnements ionisants afin d'expliquer pourquoi le BIPM travaille dans ces domaines et comment les priorités sont fixées. Les exigences dans ces domaines sont vastes et croissent rapidement. Étant donné que le BIPM met en œuvre son programme de travail avec des ressources limitées, la collaboration avec les laboratoires nationaux de métrologie est particulièrement importante. Pour déterminer les activités à effectuer dans ces domaines, le BIPM a défini des critères rigoureux, à savoir coordonner un nombre limité de comparaisons clés pour certaines grandeurs qui nécessitent des mesures de la plus haute exactitude et des valeurs de référence stables sur le long terme, qui mettent en évidence les compétences de haut niveau requises dans ces domaines et qui sont sélectionnées pour répondre aux enjeux de la plus grande importance au niveau mondial. Les projets thématiques de la chimie et des rayonnements ionisants traitent des grands défis de la métrologie. En chimie, par exemple, de nouvelles comparaisons considérées comme ayant une haute priorité sont proposées. Elles concernent les étalons de référence des gaz à effet de serre les plus puissants ainsi que certains composés jouant un rôle sur la qualité de l'air, l'objectif étant de renforcer la traçabilité dans le cadre de la surveillance du changement climatique et de la protection de la population.

Pour les rayonnements ionisants, les nouvelles comparaisons considérées comme ayant une haute priorité concernent les mesures de doses afin d'étayer le système de référence international dans les domaines de la radiothérapie, de la radioprotection et du radiodiagnostic, ainsi que les mesures d'activité de radionucléides afin de soutenir le système de référence mondial dans les domaines de la santé humaine, de la protection de l'environnement et des applications de l'énergie nucléaire.

M. Milton termine sa présentation en rappelant que : la mission, le rôle et les objectifs du BIPM ont été réexaminés et de nouveau publiés ; le processus de consultation visant à mettre en place une stratégie pour chaque Comité consultatif a été terminé en 2013 ; la stratégie du BIPM pour les années 2016 à 2019 a été élaborée et examinée ; et des objectifs ont été proposés pour la stratégie à long terme.

Le président de la CGPM remercie M. Milton pour son rapport et demande s'il y a des questions.

M. Steele (Canada) félicite le directeur du BIPM et toutes les personnes qui ont travaillé à l'élaboration du plan stratégique du BIPM. Il observe que le document de stratégie, accueilli positivement et axé sur l'avenir, reflète de façon adéquate et à un haut niveau la relation entre la mission du BIPM et la mise en œuvre de ses programmes de coordination et de laboratoire au BIPM. Il apprécie en particulier le lien établi entre les tâches et les résultats et objectifs. Il fait remarquer que certaines des questions soulevées dans le plan stratégique du BIPM sont également présentes dans les plans stratégiques de nombreux laboratoires nationaux de métrologie. Par exemple, les questions associées au vieillissement, au renouvellement et au recrutement du personnel sont communes à l'ensemble des acteurs de la métrologie. Les laboratoires nationaux de métrologie sont également confrontés au fait de devoir affecter des capacités limitées aux domaines clés adéquats.

Toutefois, la question de savoir comment le statut international unique du BIPM en tant qu'organisation intergouvernementale peut être mis à profit pour augmenter encore les avantages apportés aux laboratoires nationaux de métrologie et aux parties prenantes doit être de nouveau posée. Il est nécessaire de réfléchir à la façon de distinguer les aspects uniques du BIPM en tant qu'organisation intergouvernementale et de les utiliser pour apporter des avantages nationaux à chacun des États Membres. Des discussions ont eu lieu à ce propos mais l'accent a été mis sur les améliorations en matière de gouvernance apportées localement, dans les services de soutien et dans les laboratoires : cela a retardé l'acceptation des mêmes défis et responsabilités à un niveau plus haut de la chaîne de la gouvernance afin d'impliquer directement le CIPM et peut-être, de façon plus générale, la CGPM. M. Steele pense que le moment est venu de réfléchir à un plan stratégique pour une structure internationale de la métrologie qui pourrait aller au-delà du seul travail effectué par le BIPM et prendrait éventuellement la forme d'un plan stratégique de la CGPM. De nombreux comités permanents offrent la possibilité aux États Membres d'avoir une participation active entre les réunions de la CGPM et il voudrait voir comment mettre en œuvre ces idées, peut-être au cours de la présente réunion.

Enfin, M. Steele propose un autre défi. Le travail effectué jusqu'à présent concernant l'examen de la gouvernance du BIPM constitue une première étape très importante et ne doit pas être sous-estimé, en particulier étant donné le peu de temps imparti. Toutefois, ce qui manque, en termes de reddition de comptes, est de savoir comment fixer des objectifs et des jalons afin qu'il soit possible, lors de l'examen des défis et des succès, de déterminer si les buts ont été atteints selon ce qui était prévu. Beaucoup d'efforts ont été réalisés pour rendre compte des progrès réalisés par rapport au plan stratégique mais une articulation plus claire aiderait à comprendre quels progrès ont été effectués et quels travaux sont en cours. Telle est la leçon à tirer. Les gouvernements attendent que davantage soit fait en matière de « gestion visible » plutôt qu'en ce qui concerne les activités de science pure. Il suggère que le CIPM pourrait avoir un rôle à tenir.

M. Milton rappelle que cela a été un sujet de discussion lors de la précédente réunion du CIPM. La stratégie à long terme du BIPM a été présentée et le CIPM a commencé à réfléchir si une stratégie du CIPM est requise. Le CIPM l'a chargé de rédiger une proposition qui sera soumise pour discussion lors d'une prochaine réunion du CIPM. M. Inglis ajoute que le CIPM étudie la situation dans son ensemble et examine la question de sa propre stratégie. Le CIPM a eu beaucoup à faire en matière de gouvernance au cours des trois années passées et va désormais être en mesure de réfléchir à certains points soulevés par M. Steele.

Mme Chambon (France) félicite le BIPM et le CIPM pour le travail accompli, en particulier en ce qui concerne la préparation des stratégies des Comités consultatifs. Elle observe que c'est la première fois qu'un document clair concernant les Comités consultatifs est disponible et qu'il est très important pour tous les laboratoires nationaux de métrologie et les États Membres car ils peuvent avoir une idée précise de ce qui sera effectué par les Comités consultatifs. La charge de travail des Comités consultatifs a des répercussions sur l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie. Mme Chambon incite les Comités consultatifs à continuer à travailler sur leur stratégie et enjoint le CCM à consolider ses groupes de travail. Elle suggère aux autres Comités consultatifs d'avoir la même approche.

M. Zvizdic (Croatie) remercie M. Milton pour sa présentation et observe l'ampleur du travail réalisé et l'amélioration apportée en termes de transparence. Il est conscient des efforts du BIPM pour promouvoir la métrologie dans les pays en développement et auprès des nouveaux États Membres et évoque les séminaires qui se sont tenus en Afrique du Sud. Il souhaiterait voir plus d'activités de ce type dans les futurs programmes du BIPM. L'un des rôles du BIPM pourrait être de trouver des spécialisations intelligentes pour des laboratoires nationaux de métrologie appropriés et d'assurer un transfert de connaissances pour ceux dont les aptitudes sont limitées. Ces laboratoires bénéficieraient de détachements depuis et vers le BIPM, ainsi que de séminaires.

Mme Santo (Uruguay) observe que cela a été pour elle un honneur de participer au Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM et elle remercie le BIPM et le CIPM pour le travail accompli. Elle partage l'opinion de M. Steele, à savoir que le CIPM devrait réfléchir à une stratégie globale qui inclue l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie.

25. Programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019

M. Milton présente le programme de travail du BIPM proposé pour les années 2016 à 2019, dont le texte complet est en Annexe B. Une nouvelle approche a été adoptée pour élaborer le programme de travail puisque ce dernier est présenté non plus selon les départements du BIPM mais selon des thématiques. Chaque projet s'accompagne d'estimations sur le temps nécessaire à sa réalisation en termes de personnel, sur les dépenses de fonctionnement et sur les dépenses d'investissement. Le programme est présenté de manière uniforme pour tous les thèmes et contient, pour chacun, des activités alternatives et leurs coûts estimés.

Le programme de travail a été construit à partir des commentaires qui ont été reçus concernant les stratégies des Comités consultatifs. L'un des principes clés de l'élaboration du programme a été de pouvoir apporter une raison précise pour chaque activité justifiant que le travail soit effectué par le

BIPM plutôt que par des laboratoires nationaux de métrologie et de tenir compte du fait que le BIPM ne doit effectuer que des activités qui relèvent de son rôle unique.

Chaque thématique du programme de travail répond à une stratégie précise ; M. Milton mentionne certaines des activités de chaque thème. Le travail du BIPM continuera à s'appuyer sur des activités de liaison et de coordination, assurées par les membres du personnel du BIPM dans l'ensemble de l'organisation. Les nouvelles initiatives comprendront notamment un examen du CIPM MRA. Pour la métrologie en physique, les nouvelles activités proposées en métrologie des masses sont les suivantes : mise au point d'une technique améliorée de nettoyage afin d'étayer la dissémination des étalons de masse dans l'air ; travaux de recherche visant à améliorer la caractérisation et les performances de l'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM ; coordination d'une comparaison des réalisations primaires du kilogramme afin d'étayer la nouvelle définition du kilogramme. Pour la métrologie de l'électricité, le BIPM continuera à mettre en œuvre des étalons transportables de tension à effet Josephson en courant alternatif pour des comparaisons ; il est prévu de réaliser un nouvel étalon de résistance transportable utilisant l'effet Hall quantique dans le graphène en remplacement de celui à base d'arséniure de gallium ; et le BIPM propose de coordonner une nouvelle comparaison de mesures de capacité qui impliquerait 15 à 20 laboratoires nationaux de métrologie. Pour la métrologie du temps, les nouvelles technologies de comparaison de temps seront intégrées au calcul de l'UTC. Pour la métrologie de la chimie, les activités se concentrent sur les gaz à effet de serre les plus puissants ainsi que sur certains composés jouant un rôle sur la qualité de l'air. En analyse organique, l'accent est mis sur les matériaux organiques afin d'étayer les exigences mondiales en matière de traçabilité en médecine de laboratoire, en médecine légale et pour la qualité des aliments ; de nouvelles comparaisons considérées comme ayant une haute priorité ont été intégrées au programme de travail. Pour la métrologie des rayonnements ionisants, de nouvelles comparaisons considérées comme ayant une haute priorité ont été identifiées dans le domaine de la dosimétrie et des mesures de radioactivité afin d'étayer le système de référence international.

M. Milton ajoute que les détachements jouent un rôle important dans l'élaboration du programme de travail du BIPM ainsi que lors de sa réalisation. Pour la période 2013-2015, le travail des personnes en détachement au BIPM a représenté près de 42 mois-personne par an, ce qui est en augmentation par rapport aux 29 mois-personne par an du précédent programme de travail.

En résumé, le processus d'élaboration du programme de travail a permis de reconnaître que le BIPM faisait partie d'une communauté plus large : ainsi, de nombreux représentants d'États Membres et directeurs de laboratoires nationaux de métrologie ont contribué au développement du Programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019. Les Comités consultatifs et le CIPM ont contribué à fixer les priorités du programme et ont examiné les activités proposées. Le chiffrage des coûts, réalisé à partir du plan financier à long terme du BIPM, constitue le fondement des scénarios proposés concernant la dotation du BIPM pour les années 2016 à 2019.

Le président de la CGPM remercie M. Milton pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. Robles Carbonell (Espagne) remercie M. Milton pour sa présentation et apprécie la nouvelle approche adoptée par le BIPM. Selon lui, un outil est nécessaire pour évaluer le succès du programme au cours des quatre prochaines années, ainsi que son impact au sein des laboratoires nationaux de métrologie et au niveau de la métrologie internationale. Il suggère de réfléchir à des moyens de mesurer le succès du programme de travail et ajoute que l'outil d'évaluation du programme devrait inclure des éléments précisant comment le programme réalisera les activités proposées pour chaque thème. M. Milton répond que le programme contient des objectifs et des jalons qui sont plus détaillés que dans les précédents programmes de travail. Il ajoute qu'en tant que directeur du BIPM, il suivra de près l'exécution du programme de travail par rapport aux objectifs et

aux jalons fixés et qu'il en rendra compte au CIPM : cela sera fait de manière plus rigoureuse que pour les programmes précédents car les objectifs sont décrits avec plus de détails.

M. Fisk (Australie) souligne la transparence du processus d'élaboration du programme de travail. Il explique qu'en tant que directeur d'un laboratoire national de taille moyenne et en qualité de président d'une organisation régionale de métrologie, il estime que chaque activité du programme de travail apporte un avantage dont bénéficieront clairement les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie. Il considère le programme bien conçu et note qu'en termes de moyens permettant de mesurer si le programme de travail est concluant, l'un des indicateurs sera de constater quelle sera la réaction des directeurs des laboratoires nationaux et des présidents et hauts fonctionnaires des organisations régionales de métrologie par rapport aux avantages dont ils bénéficieront directement grâce au programme de travail.

M. Nava-Jaimes (Mexique) remercie le BIPM pour le travail effectué afin d'élaborer le programme de travail. Il note que des critères sont nécessaires pour évaluer le programme, tout en admettant que conduire une évaluation globale est très difficile. M. Milton convient que les études d'impact sont difficiles à mettre en place et que les meilleures sont celles réalisées réellement de façon indépendante mais qu'elles sont souvent très onéreuses. Cette question sera de nouveau prise en considération par le CIPM.

26. « Construire une métrologie internationale : un défi pour les pays émergents » par N. Mukhufhi, NMISA

M. Mukhufhi, président directeur général du National Metrology Institute of South Africa (NMISA), fait une présentation intitulée « Construire une métrologie internationale : un défi pour les pays émergents ».

Il commence par décrire les diverses merveilles naturelles de l'Afrique et souligne que le continent africain détient l'essentiel des réserves mondiales des métaux du groupe platine et d'autres minéraux. En dépit de cette richesse naturelle, l'Afrique est le continent le plus pauvre du monde, 25 de ses nations étant classées parmi les moins développées au monde. Il y a toutefois lieu d'espérer. John Page, économiste en chef pour la région Afrique à la Banque mondiale, a déclaré en 2009 qu'on constatait, pour la première fois en près de 30 ans, qu'un grand nombre de pays africains commençaient à avoir une croissance économique soutenue, avec un taux comparable aux autres pays en développement du monde et qui dépassait en réalité le taux de croissance de la plupart des économies avancées. M. Mukhufhi précise qu'une partie de cette croissance est due aux apports de la métrologie.

De nombreux défis auxquels sont confrontées les économies émergentes en Afrique sont liés au fait que le continent africain dépend de ses exportations de matières premières, qui concernent en particulier les produits agricoles, les minéraux, les métaux et le pétrole. Le secteur manufacturier est limité principalement à l'Égypte, au Kenya, au Maroc, à l'Afrique du Sud et à la Tunisie. L'infrastructure métrologique africaine et l'infrastructure de la qualité dans son ensemble contribuent de façon majeure au développement des activités économiques dans l'industrie de la fabrication. L'Afrique représente actuellement 13 % de la production mondiale de pétrole et de gaz naturel et il est attendu que ce chiffre atteigne 30 % au fil du temps : la plus grande part de la production est exportée sous la forme de pétrole brut, ce qui apporte peu de bénéfices à la population locale. L'Afrique détient 30 % des principales réserves de métaux du monde et 90 % des réserves de métaux

du groupe platine. Toutefois, ces métaux ne sont pas valorisés car ils sont exportés pour la plupart en tant que matières premières. Cela pourrait changer si une infrastructure de la qualité robuste pouvait être développée pour apporter de la valeur ajoutée à l'industrie et soutenir la croissance de la valorisation. Les premiers partenaires commerciaux de l'Afrique sont l'Union européenne, l'Asie et les États-Unis d'Amérique. Les échanges entre les pays africains sont très peu nombreux, ils sont estimés à 12 %, alors que les échanges intracommunautaires sont de 70 % en Europe, 52 % en Asie et 50 % en Amérique du Nord. La situation en Afrique pourrait être améliorée si une infrastructure était mise en place pour encourager le commerce de produits finis plutôt que celui de matières premières. Une infrastructure de la qualité panafricaine est nécessaire pour : servir de plateforme pour que les pays africains participent aux activités liées à l'infrastructure de la qualité et à l'échange de connaissances dans des domaines d'intérêt, ce qui permettrait de dynamiser l'industrialisation et le commerce aux niveaux interafricain (entre les pays d'Afrique et d'autres pays du monde) et intra-africain (entre les pays d'Afrique) ; accélérer l'adoption et la mise en œuvre de politiques communes en matière de mesures, de normalisation, d'évaluation de la conformité et d'accréditation entre les États Membres pour promouvoir l'industrialisation et les échanges commerciaux en Afrique ; et harmoniser les normes de la communauté économique régionale et les procédures d'évaluation de la conformité et d'accréditation afin de faciliter l'accès au marché et au commerce international en suivant les procédures de l'OMC. Parmi les autres défis de la métrologie dans les pays émergents africains figurent les problèmes de douane, avec des artefacts qui peuvent être conservés jusqu'à six mois par les douanes pour des raisons de procédures, ainsi que les problèmes de transport car tous les pays africains ne sont pas reliés par voie aérienne. Les problèmes de douane peuvent causer des difficultés pour l'organisation de comparaisons. En raison des problèmes de transport, et de la grande taille du continent, la métrologie en Afrique s'est pour l'essentiel développée par le biais d'organisations sous-régionales de métrologie plutôt que par l'intermédiaire d'une organisation de métrologie regroupant l'ensemble des régions africaines.

M. Mukhufhi rappelle que le Système de métrologie intra-africain (AFRIMETS) a été officiellement accepté comme organisation régionale de métrologie par le CIPM en octobre 2008. Il a succédé à l'organisation SADCMET (Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability) qui a été en activité de 1999 à 2008. Le développement de l'infrastructure métrologique au sein de l'AFRIMETS se fait selon trois niveaux principaux :

- continental (aptitudes de haut niveau concernant les CMCs dans les laboratoires nationaux de métrologie),
- régional (aptitudes de niveau intermédiaire et aptitudes régionales de premier ordre),
- national (aptitudes adaptées à des besoins ponctuels selon les pays).

Une stratégie « sur mesure » a été élaborée pour chaque organisation sous-régionale. La stratégie en matière de métrologie de l'AFRIMETS a été mise en œuvre à deux niveaux distincts. Au niveau sous-régional, des aptitudes de base ont été mises en place pour étayer les échanges intra-africains. Cela a consisté à développer des aptitudes de base en métrologie industrielle et légale chez les membres des organisations sous-régionales, à renforcer ces organisations sous-régionales, et à développer des instituts de métrologie légale et des laboratoires nationaux de métrologie pour faire le lien avec l'AFRIMETS. Au niveau régional, des aptitudes ont été développées pour être acceptées au niveau international et faciliter le commerce international. Cela a consisté à renforcer l'AFRIMETS, ainsi que les instituts de métrologie légale et laboratoires nationaux de métrologie, à raccourcir la chaîne de traçabilité, et à faire le lien avec le système international de mesure. L'AFRIMETS met en place une stratégie de développement de compétences qui comprend notamment l'organisation d'écoles de métrologie et la formation de métrologistes africains dans

d'autres laboratoires nationaux et au BIPM. À cette fin, l'AFRIMETS soutient la proposition d'un Programme de visiteurs du BIPM (voir Annexe C).

M. Mukhufhi souligne que l'impact du CIPM MRA sur le développement des systèmes métrologiques dans les pays en développement ne doit pas être sous-estimé. Du point de vue des pays en développement, la création et le renforcement des organisations régionales de métrologie est sans conteste l'un des plus grands bénéfices et succès du CIPM MRA. Le CIPM MRA a également eu une influence positive sur la promotion des activités métrologiques auprès des gouvernements africains. Ainsi, le gouvernement kenyan a approuvé de financer la métrologie en chimie et en biochimie à la suite d'un atelier sur le CIPM MRA qui s'était tenu au Kenya. Le CIPM MRA a également eu des effets notables sur l'harmonisation des systèmes qualité entre différentes régions du monde. Il a permis d'améliorer grandement la visibilité dans les relations avec les clients ; l'Annexe C de la KCDB a, en particulier, accru la visibilité des aptitudes et services des laboratoires nationaux de métrologie, à la fois pour les laboratoires de métrologie cherchant à faire des étalonnages et pour les experts conduisant des évaluations de la conformité.

M. Mukhufhi constate que le BIPM compte quatre États Membres africains (l'Égypte, le Kenya, l'Afrique du Sud et la Tunisie) et sept Associés (le Botswana, le Ghana, Maurice, la Namibie, les Seychelles, la Zambie et le Zimbabwe). Tous ces États ont des laboratoires ayant signé le CIPM MRA. On a constaté une croissance dans le niveau de développement des laboratoires nationaux de métrologie africains entre 2007 et 2014 et le soutien apporté par la communauté internationale pour former des experts de la métrologie est reconnu.

M. Mukhufhi conclut en faisant les remarques suivantes :

- Le CIPM MRA a eu un effet positif sur le développement de la métrologie en Afrique.
- Un plus grand nombre de formations en métrologie scientifique est nécessaire.
- La métrologie scientifique peut aider le continent africain à progresser dans l'échelle de valeur, en évoluant du statut d'importateur à celui d'exportateur.
- L'aide apportée par le BIPM et des laboratoires nationaux de métrologie pour former des métrologistes dans les économies en développement est cruciale.

M. Mukhufhi termine sa présentation en répétant qu'il est favorable à la proposition pour un Programme de visiteurs du BIPM ; il est convaincu que les autres laboratoires nationaux de métrologie auront conscience des bénéfices qu'apporte ce Programme de visiteurs aux économies émergentes. Il espère que les pays dont le système de métrologie est développé reconnaîtront la valeur qu'il y a pour eux à renforcer les organisations régionales de métrologie.

Le président de la CGPM remercie M. Mukhufhi pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. Brandi (Brésil) note que l'Amérique latine a une situation similaire à celle de l'Afrique : l'Amérique compte aussi bien de grands laboratoires nationaux actifs que des petites agences nationales des poids et mesures. Il souligne l'importance du SIM comme organisation régionale de métrologie dans le développement de l'infrastructure métrologique en Amérique. Il félicite par ailleurs le BIPM et le CIPM pour le travail effectué concernant le programme de travail et la stratégie. Il note que le Programme de visiteurs proposé, s'il est adopté, aura un impact significatif sur les pays en développement, ce qui doit être clairement rappelé aux délégués venant de pays développés. Il faut mettre l'accent sur le rôle du BIPM et des organisations régionales de métrologie pour faire émerger de nouveaux leaders de la métrologie au sein des laboratoires des pays en développement. Il enjoint les délégués à approuver l'augmentation proposée de la dotation de 2 %

afin de soutenir le Programme de visiteurs car ce dernier aura de fortes répercussions pour les pays en développement. Il remercie M. Mukhufhi pour sa présentation.

Mme Santo (Uruguay) remercie M. Mukhufhi pour son excellente présentation. Elle remarque que le plan stratégique du BIPM a été élaboré pour l'ensemble des États Membres mais qu'il devrait être étendu pour couvrir le monde entier afin que les futurs États Membres soient pris en considération. L'Afrique compte peu d'États Membres et, de ce point de vue, la situation en Amérique pourrait également être améliorée. Augmenter le nombre d'États Membres et de signataires du CIPM MRA en Afrique et en Amérique permettra d'améliorer et de faire croître les économies des deux régions. Elle souligne le rôle des organisations régionales de métrologie dans le monde de la métrologie et apprécie que l'opinion des organisations régionales ait été prise en considération lors de l'élaboration du plan stratégique du BIPM.

27. Proposition pour un « Programme de visiteurs du BIPM pour les années 2016 à 2019 »

M. Milton présente le Programme de visiteurs du BIPM pour les années 2016 à 2019 proposé (voir Annexe C). Il précise que l'objectif du Programme de visiteurs est de travailler avec les États Membres qui ne disposent pas d'une infrastructure métrologique bien développée afin de consolider l'infrastructure métrologique internationale en renforçant les capacités humaines et institutionnelles, ainsi que d'étayer les efforts nationaux que ces États Membres consacrent aux objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) fixés pour 2015 et aux objectifs de développement durable de la Conférence Rio+20. La précédente présentation a mis en évidence que la construction d'une infrastructure métrologique internationale est un défi et certains délégués ont souligné que la Convention du Mètre devrait bénéficier aux États qui ne participent pas actuellement pleinement aux activités du BIPM. Il rappelle que l'objet de la Convention du Mètre est la comparabilité mondiale des mesures ; les avantages tirés des activités du BIPM sont partagés entre les États Membres mais l'objectif de la Convention du Mètre reste global.

Les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) font l'objet de discussions au niveau international. Les grandes nations s'inquiètent du fait que les progrès accomplis jusqu'à présent n'aient pas été au niveau de ce qui était attendu. C'est en partie la raison pour laquelle les objectifs de développement durable de la Conférence Rio+20 ont été reformulés. Afin de mesurer l'avancée des OMD, une infrastructure de la qualité fondée sur des mesures est nécessaire pour quantifier les progrès accomplis concernant des questions telles que la sécurité des denrées alimentaires et de l'eau et l'accès à des produits pharmaceutiques abordables.

Les activités proposées dans le Programme de visiteurs seraient mises en place par le BIPM en collaboration avec les organisations régionales de métrologie. Celles-ci sont bien placées pour évaluer les personnes qui seront suffisamment qualifiées pour participer au Programme de visiteurs et en tirer profit, ainsi que pour identifier les États Membres et les laboratoires nationaux de métrologie les plus éligibles et les plus susceptibles d'en tirer parti.

Les objectifs du programme de visiteurs proposé sont les suivants :

- augmenter le nombre de laboratoires nationaux de métrologie capables de contribuer fortement aux activités de la communauté internationale de la métrologie et, en particulier, au travail de leur organisation régionale de métrologie ;
- mieux faire connaître les avantages d'une infrastructure métrologique mondiale bien développée auprès des organisations internationales qui œuvrent au développement du commerce mondial et d'une infrastructure internationale de la qualité ;
- soutenir les États Membres qui développent les aspects humains et institutionnels de leur système métrologique afin d'atteindre les objectifs du Millénaire pour le développement et les objectifs de développement durable en organisant une comparaison présentant un intérêt spécifique pour les pays en développement (définie en consultation avec les organisations régionales de métrologie).

Augmenter le nombre de laboratoires nationaux de métrologie capables de contribuer fortement aux activités de la communauté internationale de la métrologie contribuera à répondre à la préoccupation selon laquelle les laboratoires nationaux de métrologie les plus grands supportent la charge de travail la plus importante au sein des organisations régionales et du système international. Le Programme de visiteurs permettra de disposer d'un large réservoir d'individus et d'institutions, parmi les États Membres, qui pourront apporter une forte contribution. Le programme visera à répondre à ces objectifs au moyen de trois types d'activités :

- créer des opportunités de visite afin que des membres du personnel de laboratoires d'États Membres dont l'infrastructure métrologique est en cours de développement viennent travailler au BIPM ;
- promouvoir la nécessité pour les États de développer leur infrastructure métrologique, par l'organisation de formations et d'activités de sensibilisation par l'intermédiaire du Réseau de métrologie, d'accréditation et de normalisation pour les pays en développement (Réseau DCMAS) ;
- organiser une comparaison particulièrement significative dans le cadre des objectifs du Millénaire pour le développement (telle qu'une comparaison pertinente pour les soins de santé de base ou pour la surveillance de l'environnement).

M. Milton décrit en quoi le Programme de visiteurs répond à la mission du BIPM. Au niveau le plus fondamental, la mission du BIPM est d'assurer et de promouvoir la comparabilité mondiale des mesures : le Programme de visiteurs est spécifiquement conçu en ce sens. Il permettra d'équilibrer la manière dont le BIPM aide les États Membres, que ce soient des États payant la contribution maximale ou des États venant d'accéder à la Convention du Mètre et disposant d'un système métrologique émergent. La Résolution 5 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) invite le CIPM «à réfléchir à d'autres moyens appropriés d'impliquer des organisations intergouvernementales, en particulier celles de régions ne disposant pas d'une infrastructure métrologique bien développée, au travail du BIPM et à présenter lors de la prochaine réunion de la CGPM des propositions sur la façon la plus adéquate d'y parvenir ». Le Programme de visiteurs répond à cette demande. M. Milton observe que les futurs nouveaux États Membres disposeront d'une infrastructure métrologique émergente puisque tous les États dont l'infrastructure est mature sont déjà Membres.

L'impact du programme proposé se traduira de différentes manières :

- Les laboratoires nationaux de métrologie qui développent leur infrastructure métrologique tireront profit de l'envoi de membres de leur personnel en détachement au BIPM. Lorsque

ces visiteurs retourneront dans leur laboratoire national, ils exploiteront les avantages qu'ils auront tirés, lors de leur séjour au BIPM, de l'expérience pratique du fonctionnement du système mondial de mesure.

- Les organisations régionales de métrologie seront impliquées dans le processus permettant d'identifier les candidats les plus prioritaires pour participer au programme et elles bénéficieront de la contribution accrue que ces personnes seront en mesure d'apporter à leurs activités.
- L'infrastructure métrologique internationale bénéficiera de l'accès à un ensemble plus grand de membres de personnel scientifiques et techniques, ce qui permettra de partager le travail de façon plus équitable sur le principe des frais partagés.

M. Milton précise que le Programme de visiteurs est complémentaire de la pratique qui consiste pour les principaux laboratoires nationaux de métrologie à envoyer des scientifiques en détachement au BIPM. Les détachements restent une priorité du BIPM car ils constituent un moyen de sensibilisation, d'implication et de réalisation d'activités étendues au sein du Programme de travail du BIPM. Le Programme de visiteurs, tel que proposé, ne sera accessible qu'aux États Membres et sera un complément aux programmes d'assistance technique déjà mis en place par les laboratoires nationaux et l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

M. Milton souligne une incohérence entre les chiffres présentés dans le Programme de visiteurs du BIPM envoyé en juin 2014 et ceux du document « Principaux progrès réalisés depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011) » qui a été envoyé en septembre 2014. Les chiffres du document sur les principaux progrès sont ceux qui se fondent sur l'estimation des coûts du programme de travail la plus à jour.

Le président de la CGPM remercie M. Milton pour sa présentation et demande s'il y a des questions.

M. Brandi (Brésil) souligne l'importance du Programme de visiteurs et son impact sur le système mondial de la métrologie. Il accueille favorablement ce qui est proposé dans le programme concernant le rôle et l'implication des organisations régionales de métrologie. Il ajoute que la Convention du Mètre a été signée en 1875 et que beaucoup a changé depuis ; il propose de réfléchir au fait d'intégrer les organisations régionales de métrologie dans la Convention du Mètre. Le BIPM ne peut pas avancer seul pour accroître son rayonnement ; les laboratoires nationaux de métrologie ont un rôle à jouer mais les organisations régionales peuvent également participer à ce processus de gouvernance. Cela pourrait être possible en intégrant les organisations régionales de métrologie dans le travail de la Convention du Mètre, plutôt que de simplement coopérer avec elles dans le cadre du CIPM MRA.

Mme Stokstad (Norvège) précise que la Norvège est l'un des membres fondateurs du BIPM. L'une des idées de la Convention du Mètre était de disposer d'une infrastructure métrologique bien développée dans le monde entier et le programme proposé aidera à remplir cet objectif. Elle note que même si le Programme de visiteurs ne viendra pas en aide aux pays développés comme la Norvège, ces pays bénéficieront de l'impact du Programme de visiteurs, à savoir un système métrologique mondial plus robuste, c'est pourquoi la Norvège apporte son soutien à cette proposition.

M. Usuda (Japon) note que le Programme de visiteurs proposé vient en complément d'autres ressources similaires offertes par des organisations telles que l'ONUDI et les organisations régionales de métrologie. Il encourage le BIPM à chercher le soutien d'autres programmes complémentaires, par exemple auprès de l'OCDE et de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), pour aider à développer les infrastructures métrologiques des pays en développement.

M. Steele (Canada) apprécie le lien établi entre une activité et un objectif plus vaste ; selon lui, il ne fait aucun doute que la coordination et la visibilité internationale sont un bénéfice pour les pays et laboratoires de petite taille, qu'ils soient déjà États Membres ou qu'ils n'aient pas encore acquis le statut d'État Membre. L'un des éléments à considérer est de savoir comment gérer les coûts. M. Steele revient sur les commentaires du Japon concernant l'importance stratégique de construire des alliances avec les organisations ayant un mandat pour aider à la mise en œuvre et au financement du développement. Il note que c'est une question d'actualité et que de nombreux pays sont disposés à aider au développement mais que seulement quelques-uns sont en mesure d'intégrer à leur programme scientifique des fonds pour le développement ; en général, ces fonds sont la partie du « pot commun » de financements nationaux qui alimente la dotation du BIPM. Dans les régions, l'une des façons de gérer cela a été le partage des coûts. Il observe que la première version du programme comprend la couverture intégrale des coûts des participants au Programme de visiteurs à partir du budget du BIPM. Impliquer les organisations régionales de métrologie pourrait signifier de les faire participer aux mécanismes de partage des coûts et cela doit être étudié, éventuellement au cours de la phase de financement plutôt que lors de la phase de réflexion. Il suggère d'explorer des idées créatives concernant la viabilité du programme et de voir si d'autres mécanismes peuvent être étudiés. Si le programme nécessite un développement à long terme par le biais d'une campagne soutenue de stagiaires et visiteurs, un programme de quatre ans requerra environ 1 million d'euros pour couvrir les dépenses de subsistance des participants. Il suggère au BIPM d'étudier une solution à long terme, par exemple en achetant un appartement. Il faudrait réfléchir à la façon de mettre en pratique un concept formidable avec les budgets dont disposent les États Membres, aux organisations qui peuvent être partenaires d'un tel programme et aux engagements à long terme qu'impliquera le lancement du programme. Il pense qu'il serait très utile de discuter de ces questions.

Mme Santo (Uruguay) exprime son soutien vis-à-vis du Programme de visiteurs et note qu'il offrirait des possibilités de formation pour des petits pays en développement comme l'Uruguay. Le programme devrait être conduit en coopération avec les organisations régionales de métrologie afin qu'il n'y ait pas de recouvrement avec des programmes similaires car il existe des offres de formation au sein du SIM. Les aspects financiers du programme doivent être examinés afin d'étudier si des économies sont réalisables. Toutefois, elle reconnaît que lorsque l'on considère le programme avec une vision internationale, les fonds investis permettent de réaliser des économies au niveau régional. Par exemple, les pays qui participent au programme pourraient être en mesure de piloter des comparaisons, ce qui conduirait à un partage plus équitable des coûts de laboratoire au niveau régional.

M. Érard (France) soutient le Programme de visiteurs proposé et est d'accord par rapport au fait d'intégrer les organisations régionales de métrologie, mais pas par le biais de la Convention du Mètre comme suggéré par le Brésil car cela n'est pas possible. Selon lui, les organisations régionales de métrologie pourraient être intégrées de façon plus officielle de la même façon que pour les Associés. Il suggère par ailleurs que les visiteurs du programme restent au BIPM pour un 3 mois minimum, dans l'idéal, plutôt qu'un mois et demi tel que proposé, car un séjour de courte durée est insuffisant pour s'impliquer dans le travail du BIPM.

M. Liew (Singapour) note que Singapour est un petit pays qui a déjà bénéficié de l'aide et de l'assistance de nombreux pays développés pour développer ses capacités économiques. En Asie et, en particulier, au sein de l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN), beaucoup de travail est réalisé pour renforcer les capacités métrologiques. Il est espéré que cela aidera à améliorer rapidement les moyens d'existence des habitants de la région en promouvant le commerce. Il observe que le Programme de visiteurs est une bonne idée mais qu'il doit être clairement défini afin de le distinguer des programmes de développement des organisations régionales de métrologie. À certains

égards, les programmes conduits au niveau régional peuvent répondre plus étroitement aux besoins des membres de ces régions.

La délégation ukrainienne exprime, au nom de l'Ukraine et de COOMET, son soutien vis-à-vis du programme proposé. Elle note que le programme aidera à améliorer l'infrastructure métrologique de sous-régions telles que le Caucase et l'Asie centrale.

M. Robles Carbonell (Espagne) observe que d'un point de vue personnel et scientifique il soutient le Programme de visiteurs, puis il évoque la situation économique de l'Espagne. En tant que représentant du gouvernement espagnol, il note que l'Espagne a été confrontée à une grave crise économique au cours des cinq dernières années. Le gouvernement espagnol a pris des mesures fortes de réduction des salaires et du nombre de postes et a gelé les effectifs dans le laboratoire national espagnol. Le budget a été réduit de 50 % et l'Espagne ne dispose pas des fonds nécessaires pour acquérir de nouveaux équipements ou augmenter les salaires. Il a fallu plus de deux mois de discussions entre le laboratoire national de métrologie et le gouvernement espagnol pour que l'Espagne reste État Membre. D'un point de vue politique et dans l'intérêt national, la position de l'Espagne est par conséquent de ne pas apporter son soutien au Programme de visiteurs. M. Robles Carbonell note que même si les autres États Membres soutiennent en majorité le Programme, l'Espagne s'abstiendra lors du vote.

M. Inglis, président du CIPM, observe qu'un certain nombre de commentaires ont fait référence à la relation entre le BIPM et les organisations régionales de métrologie. Il souligne, au nom du CIPM, combien la relation avec les organisations régionales de métrologie est considérée comme importante. Le CIPM essaie d'être représenté lors de chaque assemblée générale des organisations régionales de métrologie et de s'assurer que la composition du CIPM reflète de façon équilibrée les organisations régionales de métrologie. Le CIPM s'efforce en permanence de réfléchir à la façon de rendre cette relation plus efficace.

28. Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM (Projet de résolution C)

M. Bock (Suisse), membre du Sous-comité du CIPM sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie, présente le Projet de résolution C « Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM » au nom du CIPM.

Les États Membres ont toujours assumé avec sérieux leurs responsabilités vis-à-vis du BIPM. En 1901, une décision a été adoptée afin que soit établie une caisse de retraite et de prévoyance en faveur des membres du personnel du BIPM mais la Caisse de retraite est actuellement dans une situation difficile. Si le BIPM fermait aujourd'hui, le passif serait de 56 millions d'euros jusqu'au décès du dernier ayant droit. Les indicateurs pertinents montrent qu'il n'est pas possible d'attendre plus longtemps sans agir alors que la situation empire. La Résolution 10 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) a pour objet le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM et concerne aussi l'engagement de retraite.

M. Bock évoque le travail du Sous-comité du CIPM sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie et ce qui a été accompli. Le régime de retraites du BIPM est obligatoire pour tous les membres du personnel du BIPM et doit être assuré par le BIPM en son rôle d'employeur. C'est un régime à prestations définies et non un régime à contributions définies.

La retraite est calculée selon certains paramètres, tels que le nombre d'années de service et le salaire final avant le départ à la retraite. Des régimes similaires sont généralement proposés dans le secteur public et dans les organisations internationales. Les actifs de la Caisse de retraite ne sont pas à la discrétion du CIPM ou du directeur du BIPM : ils constituent une catégorie d'actifs spécifique ; toutefois, si les fonds devenaient insuffisants pour couvrir les passifs, le BIPM devrait régler la différence à partir de la dotation. Les passifs de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM sont calculés de façon régulière par un actuair professionnel.

Les projections montrent que si aucune mesure n'est prise, il n'y aura plus de fonds dans la Caisse de retraite et de prévoyance aux environs de 2039. Au-delà de cette date, il serait nécessaire d'utiliser de plus en plus les fonds du budget courant du BIPM pour verser les retraites, ce qui requerrait de réduire les programmes de travail du BIPM pour pouvoir honorer les engagements en matière de retraite. Le système actuel est fondé sur le modèle par répartition où la contribution des membres du personnel et celle du BIPM permettent de régler les pensions.

En matière de retraite, les incertitudes pour l'avenir concernent l'accroissement de l'espérance de vie, les évolutions concernant l'âge de départ à la retraite (âge légal et âge auquel le membre du personnel décide de prendre sa retraite) et la volatilité des marchés financiers (notamment les rendements et les risques). Parmi les contraintes liées à la Caisse de retraite figure le contrat social conclu entre le BIPM et son personnel. Le directeur du BIPM a pour responsabilité d'expliquer la situation au personnel et doit être disposé à négocier.

Il est possible de prendre deux types de mesure : les prestations peuvent être réduites et les contributions augmentées. Il y a néanmoins des conditions limites : le BIPM doit rester une organisation de métrologie et ne doit pas devenir un fonds de pension international avec quelques activités métrologiques. Dans le bilan du BIPM, les activités métrologiques ont une valeur de 49 millions d'euros contre 72 millions d'euros pour la Caisse de retraite. Toute tentative pour résoudre la question de la Caisse de retraite doit être politiquement acceptable et doit permettre au BIPM de continuer à attirer et retenir du personnel compétent et motivé. Les risques juridiques et contentieux doivent être réduits au maximum et les intérêts de tous les bénéficiaires doivent être pris en considération.

M. Bock observe que si aucun changement n'est effectué, mais que 500 000 euros sont injectés chaque année dans la Caisse de retraite, la situation serait stabilisée. Le Sous-comité a discuté de plusieurs scénarios possibles pour la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM. Par exemple, si la contribution du personnel est augmentée à 12 % et que 150 000 euros sont injectés chaque année, la Caisse serait à cours de fonds en 2048. Il est clair d'après les scénarios envisagés que d'autres mesures doivent être prises pour stabiliser le système. Le Sous-comité est parvenu à la conclusion qu'une combinaison de solutions était nécessaire, telle qu'une augmentation des contributions, un relèvement de l'âge de départ à la retraite et des injections de fonds. Changer uniquement la stratégie d'investissement n'aurait que peu d'effet. La possibilité de passer d'un régime à prestations définies à un régime à contributions définies est également en cours d'étude. Une autre option serait de passer à un régime à contributions définies pour les nouveaux membres du personnel. Ces options sont encore en cours d'étude par le CIPM et par le Sous-comité.

En conclusion, il est nécessaire d'agir immédiatement. S'il faut maintenir dans un avenir prévisible le régime de retraites du BIPM dans une situation viable avec le modèle par répartition, il est nécessaire d'adopter une combinaison de plusieurs mesures. Le Sous-comité a discuté de scénarios dans lesquels deux tiers des injections de fonds seraient supportés par le personnel et un tiers par le BIPM. Ne rien faire est inacceptable. Le non-remplacement des membres du personnel a été envisagé et, à cet égard, les plans du BIPM prévoyant une faible réduction du personnel ont été pris en considération.

Sous-traiter le régime des pensions à une compagnie d'assurance privée serait trop onéreux car aucune compagnie ne serait prête à prendre les risques nécessaires. Un passage immédiat à un régime à contributions définies pour l'ensemble des membres du personnel ne serait d'aucune aide et des investissements plus risqués ne résoudraient pas le problème.

M. Bock présente le Projet de résolution C dont le texte est disponible dans la *Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion)* (voir Annexe A).

Il observe que si le Projet de résolution C est adopté, la prochaine étape sera de mettre en œuvre la résolution. Cela nécessitera de modifier certains documents juridiques internes du BIPM, ce qui a fait l'objet de discussions. Un nouveau conseil serait établi pour appuyer le CIPM au sujet des changements à venir.

Le président de la CGPM remercie M. Bock pour son rapport et demande s'il y a des questions.

M. Brown (États-Unis d'Amérique) note que les États-Unis d'Amérique et le Canada ont proposé des changements au texte du Projet de résolution C. Ces changements ont été remis au secrétaire.

29. Dotation du BIPM pour les années 2016 à 2019 (Projet de résolution D)

M. Bowsher (Royaume-Uni), président du Sous-comité du CIPM sur les finances, présente le Projet de résolution D « Dotation du BIPM pour les années 2016 à 2019 » au nom du CIPM.

Il commence par remettre le projet de résolution dans son contexte. En 2011, la situation lors de la 24^e réunion de la CGPM était très différente de celle actuelle. À l'époque, de nombreux États Membres et directeurs de laboratoires nationaux de métrologie ont exprimé leur inquiétude par rapport au fait que le BIPM et le CIPM n'étaient pas pleinement à l'écoute de leurs préoccupations. Il leur semblait que le BIPM manquait de direction stratégique et ne prenait pas en considération son rôle vis-à-vis des organisations régionales de métrologie et des laboratoires nationaux de métrologie. Il y avait par ailleurs une absence de certitude quant aux contrôles des coûts et la gouvernance du BIPM requerrait un examen. La dotation proposée en 2011 ne tenait pas compte des réalités économiques auxquelles étaient confrontés les États Membres. Aujourd'hui, comme cela a été présenté et comme le prouvent les commentaires formulés par les délégués lors de la présente réunion de la CGPM, on constate une importante transformation. Le BIPM est désormais une organisation beaucoup plus réactive qui, de façon générale, tient compte des observations qu'elle reçoit. Ce changement est le fruit du travail de nombreuses personnes. M. Bowsher souhaite souligner l'action du nouveau directeur du BIPM, M. Milton, qui a assuré une direction stratégique claire du BIPM répondant parfaitement aux attentes des États Membres. Le BIPM et les Comités consultatifs du CIPM disposent désormais de stratégies claires. Le BIPM a également contrôlé beaucoup plus efficacement ses coûts de fonctionnement, ses dépenses concernant les bâtiments et équipements, et ses coûts de personnel. Par ailleurs, des améliorations significatives ont été apportées à la gouvernance et à la transparence du BIPM.

La dotation proposée se fonde sur la stratégie du BIPM, sur des gains d'efficacité démontrés et sur une valeur ajoutée très claire pour les États Membres. La gouvernance améliorée du BIPM a été un élément essentiel pour élaborer la dotation proposée. Le Sous-comité du CIPM sur les finances a joué un rôle central en la matière. M. Bowsher remercie ses collègues du Sous-comité (Kim Carneiro, Yuning Duan et Jim McLaren) et rappelle que ce dernier a été établi en 2012. Il souligne également

l'importante contribution de M. Milton et de Mme Andernack, administrateur comptable du BIPM, ainsi que le travail effectué par l'équipe des finances du BIPM qui a méticuleusement revu l'historique comptable et qui a totalement adopté et intégré la comptabilité d'engagement. Preuve de la valeur de ce travail, les états financiers de l'année 2013 ont été certifiés pour la première fois sans réserve par l'auditeur indépendant.

La comptabilité d'engagement est désormais pleinement en place au BIPM. On constate une baisse continue des revenus du BIPM depuis la suppression des contributions volontaires en 2013, ce qui a été en partie compensé par le doublement de la souscription minimale des Associés depuis 2013. Le contrôle des coûts a été rigoureux et a notamment porté sur les coûts de personnel et sur l'approche stratégique adoptée pour la planification de l'entretien des bâtiments. Les dépenses ont été réduites et, en 2012, un certain nombre d'actifs ont été décomptabilisés, ce qui a conduit à l'enregistrement d'un élément exceptionnel dans les états financiers. Le bilan du BIPM fait apparaître un résultat légèrement bénéficiaire pour la première fois depuis l'adoption de la comptabilité d'engagement. Un élément clé de l'état de la situation financière est la Caisse de retraite et de prévoyance. M. Bowsher rappelle les différents scénarios envisagés pour la Caisse de retraite et note que les propositions sont fondées sur la combinaison de contributions prises en charge pour un tiers par le BIPM et pour deux tiers par les membres du personnel.

Pour résumer les avancées depuis la 24^e réunion de la CGPM dans le domaine des finances, la comptabilité d'engagement a été complètement adoptée, ce qui représente aussi bien un changement culturel que financier, et les états financiers du BIPM ont été certifiés sans réserve pour la première fois. Le Sous-comité sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie, qui a fait des progrès majeurs, a formulé des propositions pour stabiliser la situation de la Caisse de retraite sur le long terme. Cependant, il reste encore du travail à accomplir dans cette optique.

Le point de départ du calcul de la dotation pour les années 2016 à 2019 est la dotation de l'année 2015 d'un montant de 11 810 000 euros, tel que la CGPM en a convenu à sa 24^e réunion, à laquelle s'ajoutent les contributions des trois États ayant accédé à la Convention du Mètre depuis 2011, à savoir la République de Tunisie, la République de Colombie et la République d'Irak, d'un montant de près de 170 000 euros. M. Bock a souligné l'importance de la situation de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM, ce qui requerra des paiements additionnels. Ceux-ci ont été intégrés aux trois scénarios présentés dans le document « Principaux progrès réalisés par le BIPM depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011) et Notes à l'appui de la dotation proposée pour les années 2016 à 2019 ».

Les gouvernements exigent que des économies d'efficacité soient effectuées. La dotation et les scénarios proposés comprennent des dispositions pour faire face à l'inflation, ainsi que 150 000 euros supplémentaires par an pour la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM. Telle est la base des propositions concernant la dotation. Il doit être souligné pour les discussions ultérieures sur la dotation que le programme de travail proposé ne requiert pas d'augmentation de la contribution des États Membres. Les grandes lignes du Programme de visiteurs du BIPM ont été présentées et les scénarios proposés comprennent un certain nombre d'options permettant de mettre en œuvre différentes parties du Programme de visiteurs, parmi lesquelles une augmentation de la dotation de 2 % qui permettrait la mise en œuvre de l'ensemble du Programme de visiteurs proposé ou une augmentation de 1,25 % qui permettrait la mise en œuvre de certaines activités du Programme de visiteurs.

M. Bowsher présente brièvement les trois scénarios proposés concernant la dotation. Le Scénario 3 correspond à une augmentation de 0 % de la dotation qui maintiendrait la situation telle qu'elle est et

permettrait de mettre en œuvre le programme de travail, d'effectuer des économies et de verser les pensions ; toutefois, ce scénario ne permettrait pas de soutenir le Programme de visiteurs proposé. Le Scénario 1 correspond à une augmentation de la dotation du BIPM de 2 %, qui permettrait au BIPM de lancer le nouveau Programme de visiteurs dans sa totalité et de mettre en œuvre le programme de travail proposé. Le Scénario 2, soit une augmentation de la dotation de 1,25 %, est une proposition intermédiaire.

M. Bowsher conclut en précisant que le Projet de résolution D contient de plus amples informations et que la question de la dotation sera discutée plus en profondeur par le Groupe de travail sur la dotation du BIPM. Le texte du Projet de résolution D est disponible dans la Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion) (voir Annexe A).

Le président de la CGPM remercie M. Bowsher pour son rapport et demande s'il y a des questions.

La délégation française souhaite que le Projet de résolution D contienne une référence spécifique à la Résolution 7 (1979) adoptée par la CGPM à sa 16^e réunion qui a établi le principe de détermination de la dotation de base. M. Milton répond que cela est faisable.

Le président de la CGPM clôt la troisième séance.

Quatrième séance – 19 novembre 2014 (après-midi)

Le président de la CGPM souhaite la bienvenue aux délégués et ouvre la quatrième séance.

30. Sur l'élection du Comité international des poids et mesures (Projet de résolution B)

M. May (États-Unis d'Amérique) présente le Projet de résolution B « Sur l'élection du Comité international des poids et mesures » au nom du Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM. Le texte du Projet de résolution B est disponible dans la Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion) (voir Annexe A). Il note que par le passé, le processus de sélection et d'élection du CIPM n'était pas totalement ouvert et transparent et que les membres du CIPM avaient des mandats de durée indéterminée.

M. May observe que les délégués doivent considérer la proposition selon laquelle, à compter de la présente réunion de la CGPM, les membres du CIPM seront élus pour un mandat fixe renouvelable, qui débutera à la première session du CIPM organisée au plus tard six mois après la réunion de la CGPM lors de laquelle ils auront été élus. Dans le cas présent, les membres du CIPM élus lors de la 25^e réunion de la CGPM prendront leurs fonctions en mars 2015 et serviront le CIPM jusqu'à la première session du CIPM organisée après la 26^e réunion de la CGPM. Il est proposé qu'une Commission pour l'élection du CIPM soit mise en place afin d'assister le CIPM, au nom de la CGPM, à organiser l'élection du CIPM. Il est recommandé d'augmenter le nombre de membres composant cette commission par rapport à ce qui est indiqué dans le Projet de résolution B, ce qui sera expliqué par M. Kaarls lors de sa présentation de la procédure d'élection de la Commission pour

l'élection du CIPM. M. May invite les États Membres à participer activement à ce processus d'élection.

Lors de la 24^e réunion de la CGPM en 2011, les délégués avaient fait part de leurs préoccupations concernant la gouvernance du BIPM et le fait de savoir si le CIPM assumait ses responsabilités aussi rigoureusement qu'il le devait. La planification stratégique et la transparence du BIPM étaient également des sujets d'inquiétude. C'est pourquoi la CGPM a adopté en 2011 la Résolution 10 « Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM » : cette résolution invite le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc*, composé de représentants d'États Membres, ainsi que du président et du secrétaire du CIPM, chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme, de la direction stratégique et de la gouvernance du BIPM. Le Groupe de travail *ad hoc* ainsi créé s'est réuni en mars 2012 et a présenté les conclusions de son examen lors d'une réunion des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en octobre 2012. Il a ensuite été demandé au CIPM de proposer des mesures à prendre au vu des conclusions du Groupe de travail *ad hoc* et de mettre en œuvre aussi rapidement que possible celles qui relevaient de son autorité. Ainsi, le CIPM a créé un Groupe de travail *ad hoc* sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM : il lui a confié la mission de proposer les critères généraux et les compétences et qualités personnelles pour siéger au CIPM, ainsi qu'une procédure pour l'élection du CIPM. Par ailleurs, le Groupe de travail fera également une proposition concernant les compétences personnelles et scientifiques nécessaires pour être président d'un Comité consultatif, ainsi que les modalités de nomination des présidents de Comité consultatif.

Le Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM a été créé lors de la première partie de la 101^e session du CIPM en juin 2012. Le Groupe de travail a défini ses termes de référence qui ont été présentés et adoptés lors de la seconde partie de la 101^e session du CIPM en octobre 2012. Le Groupe de travail a progressé rapidement dans son travail et à la mi-novembre 2012, un projet de document sur l'élection du CIPM a été distribué à tous les membres du CIPM pour commentaires. Des révisions ont été apportées au projet de document qui a ensuite été envoyé, fin décembre 2012, au Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM : les observations formulées par ce Groupe de travail *ad hoc* ont été intégrées au document par le bureau du CIPM qui a soumis, fin mars 2013, le document modifié au CIPM, aux représentants des États Membres et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Le CIPM a apporté des modifications finales lors de sa réunion d'octobre 2013 puis le document sur l'élection du CIPM a été mis en ligne sur le site internet du BIPM.

M. May présente le document « Critères et procédure pour l'élection du CIPM » en mettant en lumière les principaux changements apportés. À compter de la 25^e réunion de la CGPM, les membres du CIPM seront élus pour un mandat fixe qui débutera au plus tard six mois après la réunion de la CGPM lors de laquelle ils auront été élus, et se terminera au plus tard six mois après la réunion suivante de la CGPM. Afin de mettre cette nouvelle pratique en place, tous les membres actuels du CIPM ont démissionné de leurs fonctions. Les membres du CIPM actuellement en exercice peuvent être réélus à un siège du CIPM en suivant la même procédure que celle appliquée aux nouveaux candidats. La CGPM élira les 18 membres du CIPM lors de chacune de ses réunions. Le document inclut par ailleurs une procédure pour pourvoir des sièges vacants du CIPM entre deux réunions de la CGPM.

Le document « Critères et procédure pour l'élection du CIPM » comprend quatre sections :

- La Section A décrit les considérations générales qui seront prises en considération lors de la sélection des candidats à un siège du CIPM, l'objectif étant de garantir l'efficacité du CIPM dans son fonctionnement en tant qu'organe de la Convention du Mètre.
- La Section B définit les compétences et qualités personnelles requises pour siéger au CIPM.
- La Section C présente le mode de fonctionnement et de gouvernance de la Commission pour l'élection du CIPM.
- La Section D décrit la procédure d'élection du CIPM : elle couvre le processus d'élection des 18 membres du CIPM lors d'une réunion de la CGPM, ainsi que les étapes nécessaires pour pourvoir un siège vacant entre deux réunions de la CGPM.

M. May présente les éléments majeurs des sections A et B du document. Il précise que les sections C et D seront expliquées par M. Kaarls lors de la présentation suivante : il suggère ainsi aux délégués de poser leurs questions ou de formuler des observations à la suite des deux présentations.

Le président de la CGPM remercie M. May pour sa présentation.

31. Procédure proposée pour élire la « Commission pour l'élection du CIPM »

Suite à la présentation de M. May sur le Projet de résolution B « Sur l'élection du Comité international des poids et mesures », M. Kaarls présente la procédure proposée pour élire la Commission pour l'élection du CIPM. Cette procédure, à laquelle fait référence le Projet de résolution B, est décrite dans le document « Critères et procédure pour l'élection du CIPM ». M. Kaarls donne lecture des sections pertinentes du Projet de résolution B telles que présentées dans la Convocation (voir Annexe A).

M. Kaarls observe que le nombre de représentants d'États Membres reste à discuter. Il est proposé que la Commission pour l'élection du CIPM remplace le Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM qui a été impliqué dans la préparation de la liste recommandée de 18 candidats pour l'élection du CIPM par la présente CGPM.

La Commission pour l'élection du CIPM aura pour mission de gérer la procédure d'élection du CIPM conformément au document « Critères et procédure pour l'élection du CIPM ».

- a) Préalablement à une réunion de la CGPM, la Commission pour l'élection du CIPM examinera les documents fournis par le CIPM, à savoir la liste de tous les candidats et leur dossier de candidature, la liste des candidats jugés par le CIPM comme répondant aux critères pour être membre du CIPM, et la liste de 18 candidats recommandée par le CIPM.

Cette procédure a été suivie pour la présente élection du CIPM et Mme Weritz donnera plus de détails à ce sujet lors de la cinquième séance (voir section 39).

Une autre tâche de la Commission pour l'élection du CIPM sera, au minimum un mois avant la réunion de la CGPM et conformément aux critères définis pour être membre du CIPM, de soumettre aux États Membres une présélection recommandée de 18 candidats au CIPM,

accompagnée de la liste de tous les candidats répondant aux critères pour être membre du CIPM et désirant toujours se porter candidats.

Le CIPM consultera dûment la Commission pour l'élection du CIPM dans le cas d'élections provisoires de membres du CIPM entre des réunions de la CGPM, ainsi qu'avant chaque réunion de la CGPM pour la préparation de l'élection du CIPM.

b) Dans le cas d'une élection provisoire pour le pourvoi d'un siège vacant du CIPM entre deux réunions de la CGPM, c'est-à-dire lorsqu'un siège du CIPM devient vacant bien avant la tenue d'une réunion de la CGPM, le président du CIPM informera immédiatement la Commission pour l'élection du CIPM de la cessation de fonctions de l'un de ses membres. La Commission examinera les candidats recommandés par le CIPM pour pourvoir un siège vacant en tenant compte de la liste des candidats répondant aux critères qui a été soumise à la CGPM à sa précédente réunion et de toute nouvelle candidature dont le dossier aura été transmis à la Commission par le CIPM, puis elle formulera une recommandation au CIPM pour qu'il puisse prendre une décision lors de sa réunion suivante.

Les dossiers de candidature doivent être rédigés en anglais ; les documents en français seront également acceptés. Tout dossier devra comprendre un curriculum vitae concis, une liste des publications pertinentes publiées par le candidat, tout autre document étayant la candidature en ce qui concerne les différents critères personnels et généraux du candidat, ainsi qu'une lettre de soutien rédigée par son gouvernement. Les candidats pourront retirer leur candidature à tout moment. La Commission pour l'élection du CIPM peut demander au CIPM de lui transmettre des informations supplémentaires pour compléter un dossier de candidature. Toute information transmise dans le cadre d'une candidature doit demeurer confidentielle.

M. Kaarls explique la procédure de travail proposée pour la Commission pour l'élection du CIPM. La Commission travaillera en anglais. Le président de la Commission conduira les débats avec l'objectif de parvenir à un consensus et, si cela n'est pas possible, la Commission prendra ses décisions à la majorité de ses membres. Le secrétariat de la Commission pour l'élection du CIPM sera assuré par le secrétaire du CIPM et le BIPM, afin que l'ensemble des communications et documents soient dûment transmis et que toutes les informations soient circulées comme il convient et en temps voulu. En cas de conflit d'intérêt, le membre concerné de la Commission pour l'élection du CIPM devra en informer sans délai le président de la Commission, ainsi que le président du CIPM, puis la Commission examinera quelle est la marche à suivre la plus appropriée. Un conflit d'intérêt peut survenir si l'un des membres de la Commission souhaite poser sa candidature à un siège du CIPM. La Commission adoptera ses propres règles de fonctionnement. La Commission et le CIPM échangeront, de façon régulière, des informations, points de vue et avis pertinents. La Commission pour l'élection du CIPM fera un compte rendu annuel au CIPM sur les questions de fond et de procédure, ainsi que sur toute suggestion d'amélioration. Le CIPM informera les représentants des États Membres et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, lors de leur réunion au BIPM, de toute question d'importance.

M. Kaarls propose que la Commission soit composée de neuf membres, et non sept comme précédemment suggéré. Cela permettra de composer plus facilement la Commission avec des États Membres à contributions maximales, intermédiaires et minimales et reflétant de manière adéquate l'ensemble des régions. La Commission comprendra également le président et le secrétaire du CIPM. Avant chaque réunion de la CGPM, le CIPM préparera, en consultation avec la Commission, une liste de candidats à la Commission proposés par les États Membres pour élection au cours de la réunion de la CGPM. Lors de chaque réunion de la CGPM, la CGPM élira, par vote à bulletin secret et majorité simple, neuf membres qui serviront la Commission pour un mandat qui se

terminera le jour suivant l'élection de la nouvelle Commission. Afin d'assurer une continuité, les membres de la Commission pour l'élection du CIPM, qui représentent les États Membres, peuvent être réélus. À réception de la liste des candidats à la Commission pour l'élection du CIPM, les États Membres peuvent approuver la liste proposée ou nommer d'autres candidats en veillant à ce que les informations nécessaires puissent être transmises à temps aux autres États Membres. La Commission pour l'élection du CIPM sera présidée par l'un de ses membres qui représentera tous les États Membres et qui sera élu à la majorité simple par les membres de la Commission. Si un membre de la Commission démissionne de ses fonctions avant la tenue d'une réunion de la CGPM, il pourra proposer un remplaçant venant de sa propre organisation pour le reste de son mandat. La Commission décidera d'accepter ou non le remplaçant proposé.

Le CIPM a discuté d'un projet de procédure de travail pour la Commission pour l'élection du CIPM avec le Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM qui en a approuvé les principes. Après son élection par la CGPM, la Commission terminera la rédaction d'une procédure de travail et conviendra de sa version finale. C'est pourquoi il est proposé de modifier le Projet de résolution B puisqu'il mentionne que les membres de la Commission assureront leur fonction selon une procédure qui sera adoptée par la CGPM. Cette responsabilité reviendra à la Commission.

L'expérience acquise pour établir la liste de candidats à la Commission pour l'élection du CIPM a montré qu'il est difficile d'obtenir une représentation équilibrée de toutes les régions avec seulement sept membres. C'est pourquoi il est proposé que la Commission soit composée de neuf membres, ce qui requiert d'amender en conséquence le Projet de résolution B. Les Pays-Bas ont également suggéré que le Projet de résolution B précise plus clairement que la Commission est composée de neuf représentants d'États Membres, chacun provenant d'un État différent et un par État Membre.

Le président de la CGPM remercie M. Kaarls pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. May demande à M. Kaarls plus de détails sur la procédure suivie par le CIPM pour identifier la liste de 18 candidats à un siège du CIPM qui a été envoyée au Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM. M. Kaarls indique qu'il a été demandé en janvier 2014 aux États Membres et aux laboratoires nationaux de métrologie de proposer des candidats potentiels et que cette demande a été réitérée en avril 2014. Au milieu de 2014, on comptait 28 candidats. Cinq de ces candidats avaient un dossier de candidature insuffisant ou ont retiré leur candidature, ce qui a réduit la liste à 23 candidats. Cette liste a été examinée par le CIPM qui a ensuite dressé une liste recommandée de 18 candidats. Cette dernière a été envoyée au Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM afin qu'une décision finale soit prise et qu'une proposition soit faite à la CGPM. Mme Weritz présentera cette proposition aux délégués le jeudi 20 novembre.

M. Robles Carbonell (Espagne) souligne que les délégués de la CGPM représentent leur gouvernement, et non les organisations régionales de métrologie, et qu'il doit être clair dans les règles de la Commission pour l'élection du CIPM que les représentants doivent venir d'États différents. Il constate avec préoccupation que, dans la présentation de M. Kaarls, chaque candidat semble représenter une organisation régionale de métrologie. M. Kaarls répond que dans sa présentation, il a indiqué à la fois l'État et l'organisation régionale de métrologie dont provient chaque candidat à la Commission pour l'élection du CIPM pour que cela soit plus pratique. Cela permet de déterminer facilement la distribution géographique des candidats.

Mme van Spronssen (Pays-Bas) observe que les critères pour être membre du CIPM semblent donner davantage d'importance à l'expérience scientifique qu'aux compétences en gestion financière. Selon

Mme van Spronssen, l'expérience de la gestion financière est essentielle au CIPM et qu'il faut souligner les compétences qui y sont associées dans les curriculum vitae des candidats. M. May répond qu'une connaissance des questions de gestion et finances est l'une des compétences considérées comme souhaitables pour être membre du CIPM mais qu'aucun poids particulier n'a été attribué à cette qualité. L'idée est que chaque candidat possède certaines des compétences et qualités définies comme critères. Ensuite, lors de l'établissement de la liste recommandée de 18 candidats, le principe est d'avoir plusieurs candidats ayant une forte expérience pour chacun des domaines afin qu'ils puissent fonctionner comme une équipe pour assumer leurs responsabilités. Tel a été le principe suivi pour former la meilleure équipe et non pas pour sélectionner les 18 meilleurs candidats.

M. Kaarls espère qu'il y aura plus de candidats à l'avenir pour siéger au CIPM. Lors de l'exercice actuel, il n'y a eu que 23 candidatures pour 18 sièges vacants. Il note qu'une participation active au processus de proposition de candidats est essentielle. M. May ajoute que pour faciliter ce processus, le CIPM a décidé de travailler avec les régions pour identifier, entre les réunions de la CGPM, des candidats potentiels au CIPM. Les régions seront sondées en permanence à la recherche de candidats supplémentaires.

M. Holmes (Royaume-Uni) observe qu'il serait utile d'avoir plus de candidats dans le futur. Toutefois, il est satisfait qu'il y ait plus de 18 candidats pour l'élection du CIPM au moment de la réunion de la CGPM. Si la Commission pour l'élection du CIPM travaille bien, on peut espérer que ses recommandations seront probablement acceptées lors de la prochaine réunion de la CGPM mais si cela devient une habitude, l'élection du CIPM lors des réunions de la CGPM pourrait ne devenir rien d'autre qu'une formalité. Il espère que les candidats qui se présentent à l'élection du CIPM mais qui ne figurent pas sur la liste recommandée maintiendront leur candidature. M. May répond qu'il est préférable d'avoir une élection ouverte. Il rappelle néanmoins à la CGPM que le CIPM et la Commission pour l'élection du CIPM se sont beaucoup investis pour présenter une liste recommandée de 18 candidats qui, de façon collective, couvre l'ensemble des compétences et qualités requises pour accomplir aussi efficacement que possible le travail du CIPM. Sans cette recommandation, une aptitude fondamentale pourrait faire défaut au CIPM à l'insu de tous.

M. Frøystein (Norvège) félicite le CIPM pour les importantes améliorations apportées à la procédure d'élection du CIPM. Il souligne que c'est un pas en avant notable. Il y a un an, lors de la réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, la Norvège a présenté des propositions qui ont été prises en considération par le CIPM. Ces propositions iraient un peu plus loin que la procédure présentée. M. Frøystein est satisfait que les suggestions de la Norvège puissent être examinées en vue de leur mise en œuvre, une fois que la nouvelle procédure d'élection du CIPM aura été mise en place.

Le président de la CGPM remercie MM. Kaarls et May pour leur présentation et clôt la quatrième séance.

Cinquième séance – 20 novembre 2014 (matin)

Le président de la CGPM souhaite la bienvenue aux délégués pour la cinquième séance, le jeudi 20 novembre, puis il passe la parole à M. Inglis.

32. Rapport du Groupe de travail sur la dotation du BIPM

M. Inglis, président du Groupe de travail sur la dotation du BIPM, présente un rapport succinct sur les discussions qui se sont tenues le mercredi 19 novembre. Il rappelle qu'afin de réduire la durée de la réunion de la CGPM à trois jours, il a été décidé d'organiser une réunion préparatoire informelle sur la dotation du BIPM le lundi 17 novembre. Dix-neuf États Membres étaient représentés lors de la réunion informelle au cours de laquelle de nombreux sujets ont été discutés préalablement à la réunion officielle du Groupe de travail sur la dotation du BIPM. Le Groupe de travail sur la dotation du BIPM, composé de représentants de vingt États Membres, s'est réuni le mercredi 19 novembre.

Malgré un soutien significatif pour le Scénario 1 et quelques voix pour le Scénario 2, le Groupe de travail sur la dotation du BIPM est parvenu à un consensus sur le Scénario 3, c'est-à-dire aucune augmentation de la dotation lors des quatre années du programme de travail. Plusieurs délégations se sont totalement limitées au Scénario 3. Le Groupe de travail a convenu que le Programme de visiteurs était utile et qu'il devrait être soutenu, si possible ; toutefois, le financement du Programme de visiteurs à partir de la dotation n'a pas recueilli suffisamment de soutien. Plusieurs laboratoires nationaux de métrologie ont cependant indiqué qu'ils étaient disposés à contribuer au Programme de visiteurs par une autre voie que celle de la dotation, par un soutien financier ou en nature. De cette façon, il pourrait être possible de lancer le Programme de visiteurs à titre d'essai sur une période de trois à quatre ans, puis de rendre compte du succès du programme lors de la prochaine réunion de la CGPM. M. Inglis note que, concrètement, cette approche ne permettra de mettre en œuvre que certains éléments du Programme de visiteurs mais qu'au moins cela constituera une action visant à soutenir les économies en développement.

En résumé, le Groupe de travail sur la dotation du BIPM recommande de ne pas augmenter la dotation et de mettre en place une version réduite du Programme de visiteurs en fonction du soutien financier ou en nature apporté par certains laboratoires nationaux de métrologie. Le vote sur la dotation aura lieu lors de la sixième séance.

Le président de la CGPM remercie M. Inglis pour son rapport.

33. « Des mesures exactes et stables pour déterminer les causes du changement climatique à l'échelle mondiale » par J. Butler, NOAA

M. Butler, directeur de la division du suivi mondial au Laboratoire de recherche sur le système terrestre de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (National Oceanic and

Atmospheric Administration, NOAA), États-Unis d'Amérique, fait une présentation intitulée « Des mesures exactes et stables pour déterminer les causes du changement climatique à l'échelle mondiale ». Il constate que l'humanité est confrontée à l'un de ses plus grands défis en raison des conséquences du changement climatique et qu'elle se trouve dans une situation critique, à moins que la société ne décide de prendre des mesures pour atténuer les effets du changement climatique. Il espère qu'un jour, cette atténuation deviendra effective car les scientifiques essaient de s'assurer de la mise en place d'une structure adéquate pour permettre dans le futur à la société de prendre des décisions. Pour ce faire, des mesures de très haute exactitude et compatibilité sont requises. Si la traçabilité des mesures est importante, leur compatibilité est extrêmement importante.

M. Butler précise qu'il représente le réseau de surveillance des gaz à effet de serre le plus important des États-Unis, qui constitue un élément majeur du réseau plus large de l'OMM. L'OMM s'efforce de garantir que le contrôle de la qualité nécessaire pour faciliter la compatibilité des mesures est mis en œuvre mais il reste des défis à relever.

M. Butler indique que les gaz à effet de serre influent sur le forçage radiatif, la principale contribution provenant de cinq à six gaz. Ainsi, un indice sur les gaz à effet de serre a été créé : le forçage radiatif de chaque gaz est calculé puis ajouté aux autres. Le forçage radiatif total est établi par rapport à 1990, l'année de référence du Protocole de Kyoto. Lorsque le forçage radiatif normalisé des gaz à effet de serre persistants est calculé pour l'année 2013, cela donne un indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (AGGI) de 1,34, ce qui signifie une augmentation de 34 % du forçage radiatif des gaz à effet de serre persistants entre 1990 et 2013. M. Butler souligne que l'AGGI est donc un indicateur d'échec. Il est très important de disposer de cette valeur afin que, dans le futur, des décisions soient prises pour remédier à cette situation. L'AGGI montre également l'évolution du changement climatique d'une année à l'autre et permet de déterminer quels gaz sont les plus responsables du changement climatique. Au cours de la décennie passée, l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère est la cause de 84 % de l'augmentation du forçage radiatif. L'AGGI montre aussi que même s'il y a eu une baisse du forçage radiatif dû aux chlorofluorocarbures (CFC), celle-ci a été compensée par l'augmentation des émissions d'autres gaz mineurs.

Concernant la surveillance des gaz, il est possible de rendre compte de façon très satisfaisante des informations mondiales. Les moyennes mondiales sont robustes et très fiables : les données sont obtenues à partir de plus de 40 sites de la couche marine limite qui ne sont pas influencés par des activités locales, les mesures sont effectuées dans le même laboratoire et les étalonnages sont traçables aux étalons internationaux de l'OMM. Cependant, l'échelle appropriée aux décisions politiques est différente. C'est à l'échelle du sous-continent que les décideurs concernés par les émissions de gaz à effet de serre veulent connaître les méthodes de réduction qui fonctionnent et celles qui ne fonctionnent pas. Les inventaires peuvent être utilisés pour la surveillance des émissions mais leur exactitude doit être vérifiée. Par ailleurs, cette approche ne convient pas pour la surveillance des émissions naturelles de gaz à effet de serre pour lesquelles l'influence humaine est difficile à mesurer et à quantifier ; dans ce cas, les mesures de l'atmosphère sont plus utiles. Les mesures au niveau régional exigent un plus grand nombre d'observations, une meilleure analyse et une amélioration de la modélisation. De telles mesures doivent également être cohérentes au niveau international car tout biais dans les mesures perturbe le système. Les analyses sont effectuées à l'aide de modèles mondiaux et les mesures doivent être cohérentes au niveau mondial même si elles ne se concentrent que sur une région particulière. Des efforts sont faits pour réduire les biais, ce qui implique notamment d'effectuer de multiples observations, de s'assurer de la cohérence des étalonnages dans le temps et de la cohérence des mesures sur les différents sites de surveillance. L'OMM assure la cohérence de ses données par le biais de ses groupes consultatifs scientifiques, de ses centres de contrôle de la qualité et de ses groupes d'experts. Ces groupes examinent les

exigences générales des laboratoires centraux d'étalonnage et des centres d'étalonnage mondiaux. Ils mettent en place des exigences générales pour les laboratoires de mesure. Des exigences spécifiques sont fixées pour les gaz à effet de serre, les isotopes et d'autres traceurs. Les mesures sur site sont comparées à celles effectuées à distance, et tout nouvel instrument est examiné.

M. Butler observe que l'OMM définit des objectifs de qualité des données (Data Quality Objectives) : ce sont des déclarations qualitatives et quantitatives qui fixent clairement les objectifs des observations, déterminent le type de données approprié et précisent les niveaux d'incertitude tolérables en termes de répétabilité, de reproductibilité et d'étalonnage. Ces objectifs de qualité des données sont utilisés pour fixer l'objectif de compatibilité du réseau (Network Compatibility Goal) qui correspond au niveau scientifiquement souhaitable de compatibilité pour un air de fond bien mélangé. Par exemple, l'objectif pour chaque site de surveillance du monde est d'obtenir une compatibilité pour le dioxyde de carbone de $0,1 \mu\text{mol/mol}$. Pour les zones dans lesquelles on observe des évolutions plus importantes concernant le dioxyde de carbone, l'objectif étendu de compatibilité est de $0,2 \mu\text{mol/mol}$, ce qui constitue un défi. L'objectif de compatibilité est un indicateur du niveau de compatibilité sur le terrain et le but concernant les étalons de mesure est d'atteindre une incertitude quatre fois meilleure. Ce niveau n'a pas encore été atteint, c'est pourquoi l'OMM requiert la traçabilité à un ensemble d'étalons primaires au sein de son réseau de mesures. À la NOAA, les étalons primaires américains sont produits en utilisant de l'air réel à partir de l'air troposphérique recueilli à haute altitude dans les Rocheuses. Cet air est utilisé pour produire des étalons secondaires puis des étalons tertiaires. Les étalons tertiaires sont envoyés sur les sites du monde entier et utilisés dans le laboratoire de la NOAA. Les étalons primaires sont conservés pendant une longue période, ce qui permet de produire d'autres étalons secondaires.

M. Butler note que le futur défi est de savoir comment informer la société à une échelle plus petite et plus locale. Il est envisagé que d'autres laboratoires produisent des étalons mais il est important que ces étalons soient régulièrement comparés à ceux fabriqués à la NOAA car la NOAA maintient l'échelle d'étalonnage mondiale. Cette échelle pourrait être disséminée par des centres régionaux. L'idée est de développer des centres d'étalonnage mondiaux qui produiront leurs propres étalons et les distribueront. Ces centres effectueraient toutes les comparaisons de contrôle de la qualité pour chaque zone, notamment pour détecter toute dérive, ce qui exigerait des efforts considérables, comme le transport de plusieurs bouteilles étalons, et requerrait des réseaux régionaux. Le réseau existant est composé de la NOAA ; du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM ; du Système européen intégré d'observation du carbone (ICOS) qui fait des recherches approfondies sur les gaz de l'atmosphère ; de l'expérience mondiale sur les gaz atmosphériques (Advanced Global Atmospheric Gases Experiment, AGAGE) financée par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) afin d'étudier les halocarbures, l'oxyde d'azote et le méthane ; et du Total Carbon Column Observing Network (TCCON) qui est un nouveau système de détection à distance, financé principalement par la NASA. TCCON servira à valider les satellites une fois qu'il aura lui-même été validé. D'autres réseaux de coordination font leur apparition dans le monde.

M. Butler conclut sa présentation en notant que le défi est lié au fait que les objectifs de compatibilité ne sont pas atteints à certains endroits et que l'accessibilité à un plus grand nombre d'étalons de haute qualité, traçables à l'échelle de l'OMM et présentant des incertitudes réduites, serait un élément permettant d'améliorer la situation. Par ailleurs, il encourage le développement de nouveaux instruments financièrement abordables, portables et stables pour mesurer avec exactitude n'importe lequel des gaz à effet de serre.

Le président de la CGPM remercie M. Butler pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. Inguscio (Italie) demande pourquoi, dans le cadre de la surveillance des gaz, il est important de surveiller les isotopes, en particulier le carbone 14 dans le dioxyde de carbone. M. Butler répond que le dioxyde de carbone dans l'atmosphère est émis par les combustibles fossiles, les sols et les océans et qu'il est absorbé par les plantes et d'autres puits de carbone, de sorte qu'il y a des échanges dans de nombreux endroits. Le dioxyde de carbone de l'atmosphère est dérivé de toutes ces sources et le défi consiste à comprendre ce système complexe. Une donnée connue avec certitude est que le carbone 14 est produit dans la stratosphère, en descendant dans l'atmosphère, et on a observé un état d'équilibre à long terme du carbone 14 dans l'atmosphère. Aujourd'hui, l'homme met à mal cet état d'équilibre. La combustion des combustibles fossiles émet du dioxyde de carbone qui ne contient pas de carbone 14. Cela est dû au fait que le carbone 14 a seulement une durée de vie de 5 000 ans et que le carbone contenu dans les combustibles fossiles est piégé depuis un plus grand nombre d'années. Cela résulte en une baisse de la quantité de carbone 14 dans l'atmosphère. Elle peut être mesurée à l'échelle mondiale mais il est nécessaire de la mesurer au niveau régional afin de déterminer les endroits où le carbone 14 baisse rapidement dans des masses d'air particulières ; cela indique que la combustion des combustibles fossiles est la source de la modification des niveaux de dioxyde de carbone dans ces zones.

M. Brandi (Brésil) pose une question sur la compatibilité des mesures du haut vers le bas [atmosphère] et du bas vers le haut [inventaire] et, en particulier, sur la compatibilité des mesures et des inventaires. M. Butler observe que les inventaires présentent des erreurs significatives pour les chlorofluorocarbures dans les années 70 et 80. La mesure efficace des niveaux d'hexafluorure de soufre dans l'atmosphère a commencé il y a 30 ans et a montré qu'ils ont tendance à augmenter rapidement. Dans le même temps, les inventaires ont enregistré des niveaux d'hexafluorure de soufre stables. L'hexafluorure de soufre a une durée de vie de 5 000 ans dans l'atmosphère ; la surveillance de l'atmosphère a donc constitué un indicateur plus robuste de la quantité d'hexafluorure de soufre qui est passée dans l'atmosphère. Il est nécessaire d'avoir ce genre de retour d'information sur les inventaires pour d'autres gaz à effet de serre, et des mesures stables et exactes sont requises pour quantifier les causes du changement climatique.

Mme Santo (Uruguay) observe que les étalons primaires sont seulement conservés à la NOAA et que ceux secondaires et tertiaires sont produits à partir des étalons primaires. Elle demande une confirmation concernant la durée de conservation des étalons primaires et la façon de surveiller leur stabilité pendant cette période. M. Butler répond que la NOAA n'utilise pas un unique étalon mais un certain nombre d'étalons de gaz, environ 15 bouteilles, qui permettent de définir une courbe. Il existe au moins deux autres échelles dans le monde utilisées pour des comparaisons avec l'échelle de la NOAA. L'une d'elles est celle du Japon qui se fonde sur des étalons gravimétriques pour les mesures du dioxyde de carbone alors que la NOAA utilise des étalons manométriques. Les autres étalons de la NOAA sont gravimétriques. L'échelle originale maintenue au Scripps Institute of Oceanography, qui est également manométrique, est encore disponible et est aussi utilisée pour comparaison. La NOAA maintient l'échelle d'étalonnage mondiale car elle a pour rôle d'utiliser les étalons pour disséminer les échelles secondaires à partir desquelles les étalons tertiaires sont fabriqués et distribués dans le monde entier. Les étalons tertiaires sont envoyés depuis la NOAA, le laboratoire central d'étalonnage, aux centres d'étalonnage mondiaux.

M. Zvizdic (Croatie) demande à M. Butler comment la traçabilité au SI est assurée et dans quelle mesure le SI répond aux besoins de disposer de mesures stables et exactes permettant de quantifier le changement climatique. M. Butler note que la NOAA a régulièrement comparé ses balances, ainsi que ses échelles de température, de pression et de masse, aux étalons du NIST. Le NIST est responsable de la traçabilité et des actions ont été prises pour organiser des comparaisons directes entre la NOAA et le NIST. En 2010, l'OMM a signé le CIPM MRA et a pour objectif de participer

aux comparaisons clés. Le but est d'assurer la cohérence et la traçabilité des mesures à celles des laboratoires nationaux de métrologie. M. Wielgosz (BIPM) ajoute qu'il existait une forte collaboration entre l'OMM, le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie avant même la signature du CIPM MRA puisque cette coopération remonte aux années 90. En 2003, la NOAA a participé à l'étude CCQM-P41 sur les étalons de méthane dans l'air, ce qui a permis de démontrer que l'échelle de l'OMM de l'époque (CMDL83) présentait une différence de 1,5 % par rapport à la valeur de référence. La NOAA a remplacé son échelle concernant le méthane en 2004 et la nouvelle échelle (NOAA-04) a été adoptée comme nouvelle échelle de l'OMM ; la récente comparaison clé CCQM-K82 d'étalons de méthane dans l'air, coordonnée en 2012 par le BIPM et le NIST, a montré un bien meilleur accord entre la valeur de référence de la comparaison clé et les valeurs de l'échelle de l'OMM. La nouvelle comparaison a également prouvé que les incertitudes des mesures de méthane dans l'air se rapprochent des objectifs de compatibilité précédemment mentionnés par M. Butler.

M. Milton (BIPM) souligne que M. Butler a décrit l'excellent travail effectué pendant des décennies pour mettre en place des étalons pour les réseaux mondiaux. Il lui demande son avis quant à l'explosion de la surveillance au niveau local, générée en particulier par les instruments CRDS (cavity ring-down spectroscopy) désormais disponibles qui permettent à beaucoup plus d'organisations de participer à la surveillance du dioxyde de carbone. M. Milton demande comment il est possible de conserver un ensemble d'étalons qui assure la compatibilité de toutes ces nouvelles sources de données au niveau international. M. Butler répond que l'introduction de la technologie CRDS a été un immense pas en avant dans la surveillance du dioxyde de carbone par rapport aux instruments à infrarouge non dispersifs. Toutefois, la stabilité à long terme des instruments CRDS n'est pas connue et certaines questions de développement restent à résoudre. La communauté de la surveillance communique ses commentaires aux fabricants d'instruments afin de contribuer à leur amélioration et les rendre plus robustes. Les données de mesures effectuées à l'aide d'instruments CRDS sont précises et stables mais requièrent des étalonnages.

Le président de la CGPM remercie M. Butler pour sa présentation.

34. « Le contexte mondial de la sécurité alimentaire » par J. Doherty, USTR

Mme Doherty, directrice principale de la division sur les mesures sanitaires et phytosanitaires et l'agriculture (Sanitary and Phytosanitary (SPS) and Agricultural Affairs) au Bureau du Représentant américain au commerce (USTR), États-Unis d'Amérique, fait une présentation intitulée « Le contexte mondial de la sécurité alimentaire » qui consistera en une étude de cas sur l'importance de disposer d'un système d'unités cohérent pour l'innovation, les échanges internationaux et l'amélioration de la qualité de vie dans le domaine de la sécurité sanitaire. Mme Doherty évoquera quels sont les éléments moteurs politiques et commerciaux de la sécurité sanitaire et comment ils sont étayés par des règles commerciales mondiales. Elle décrira ensuite les problèmes liés à certains obstacles inutiles au commerce et montrera comment il est possible de collaborer pour atteindre des objectifs communs en matière de sécurité sanitaire.

Mme Doherty présente les moteurs politiques et commerciaux de la sécurité sanitaire pour illustrer les objectifs que les responsables politiques cherchent à atteindre dans les décennies à venir. Lors du Sommet mondial de l'alimentation de 1996, la déclaration suivante a été faite : « Il y a sécurité

alimentaire lorsque tout le monde a accès en permanence, physiquement et économiquement, à des aliments sains et nutritifs en quantité suffisante pour satisfaire à ses besoins et à ses préférences alimentaires et que ces aliments sont propices à une vie saine et active. ». Avant cette déclaration, le concept de sécurité alimentaire existait surtout à un niveau national et concernait notamment l'autosuffisance dans la production alimentaire. Cette déclaration de 1996 a changé la façon d'envisager la sécurité alimentaire ; elle est importante dans la perspective du commerce international pour répondre aux exigences de sécurité alimentaire. La sécurité alimentaire est un élément critique de la déclaration permettant de s'assurer que les gens ne connaissent pas la faim.

Mme Doherty rappelle que les défis du futur ont été résumés en 2012 par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) qui a déclaré que le monde devait produire au moins 50 % de nourriture en plus pour pouvoir nourrir plus de 9 milliards d'êtres humains d'ici 2050. Elle note que le changement climatique ajoute une dimension supplémentaire au défi de la production agricole qui consiste à nourrir une population croissante. En plus de cette croissance démographique, les revenus augmentent également, ce qui a pour conséquence de changer le profil des préférences alimentaires, en particulier en termes de régimes à teneur élevée en protéines.

Mme Doherty demande comment le secteur du commerce prend en considération ces défis et comment il peut contribuer à orienter la politique et répondre aux besoins en la matière dans le futur. Le secteur du commerce sait que la productivité agricole est renforcée par l'intégration dans les chaînes de valeur mondiales de nouveaux producteurs, y compris ceux des pays en développement, ce qui crée de façon effective des lignes de production mondiales pour l'alimentation. Cela a un effet positif pour réduire la pauvreté mais, du point de vue de la sécurité alimentaire, cela ajoute de nombreux défis. Le Rapport sur le commerce mondial de 2014 de l'OMC étudie comment le commerce dans le domaine de l'alimentation a changé. Ce rapport indique qu'« [a]u cours des 50 dernières années, la part des exportations de produits agricoles traditionnels non transformés dans les exportations agricoles mondiales a fortement diminué, ce qui signifie que la part du commerce des produits à forte valeur ajoutée a augmenté. [...] Les produits agricoles transformés [...] représentent maintenant plus de 60% des exportations totales de produits agricoles. » En 2013, l'OMC notait : « [e]n valeur, les exportations de produits agricoles ont presque triplé entre 2000 et 2012. En volume, elles ont augmenté d'environ 60% pendant la même période. »

Du point de vue de la sécurité alimentaire, il est important selon Mme Doherty de prendre en considération la façon d'assurer la sécurité alimentaire par rapport au système très complexe des intrants dans tout produit alimentaire final. Les gouvernements et les entreprises étudient des approches préventives dans le domaine de la sécurité alimentaire, par exemple avec l'adoption de la loi de modernisation de la sécurité sanitaire des aliments (Food Safety Modernization Act, FSMA) aux États-Unis. Du point de vue de l'économie, il est plus efficace économiquement de prévenir que de devoir traiter les pertes financières dues à des incidents de sécurité alimentaire à l'échelle mondiale. Pour une entreprise, la prévention consiste également à éviter toute atteinte à la réputation de l'entreprise et à asseoir la confiance du consommateur. Les négociateurs commerciaux doivent s'assurer que les règles de sécurité alimentaire sont le reflet de politiques saines : l'un des fondements de ce principe est que les règles soutiennent des approches scientifiques en matière de sécurité alimentaire.

L'accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires de l'OMC (accord SPS) protège les droits des Membres de l'OMC de fixer le niveau approprié de protection en matière de santé, il promeut l'harmonisation des normes internationales et établit des obligations afin d'empêcher les restrictions déguisées au commerce international. Ce dernier point est mis en œuvre en promouvant, autant que possible, l'harmonisation des mesures de sécurité alimentaire en se fondant sur des normes internationales. La science est un élément fondamental de l'accord SPS. Cet accord permet à des pays d'établir leurs propres mesures SPS. Toutefois, ces mesures doivent être fondées sur des principes

scientifiques et sur une évaluation adéquate des risques, en tenant compte de tous les éléments scientifiques disponibles. Elles ne peuvent être appliquées que dans la mesure nécessaire pour protéger la santé et la vie des personnes et des animaux ou préserver les végétaux et doivent, entre autres, être fondées sur des principes scientifiques. Les mesures SPS ne peuvent pas établir de discrimination arbitraire ou injustifiable en faveur de producteurs domestiques (« principe de traitement national ») ou de partenaires commerciaux spécifiques. L'accord SPS comprend des directives explicites sur l'équivalence et la transparence des mesures sanitaires et phytosanitaires, ainsi que sur le concept d'ententes avantageuses pour toutes les parties en faveur de la reconnaissance de l'équivalence lors d'accords bilatéraux et multilatéraux. De nombreux laboratoires nationaux de métrologie servent de points d'information de l'OMC et sont ainsi une source importante d'informations sur les réglementations et les efforts nécessaires pour négocier des accords d'équivalence.

Mme Doherty constate que parmi les défis dans le domaine du commerce figurent les pays qui fixent des tolérances qui ne sont pas fondées sur des éléments scientifiques. Comme les méthodes de détection s'améliorent, les niveaux de tolérance sont fixés proportionnellement à un niveau plus faible, souvent sans le soutien d'une évaluation des risques démontrant la nécessité de tels niveaux de tolérance. Une autre difficulté concerne la compétence et l'indépendance des laboratoires. Lorsque plusieurs pays qui ne disposaient pas de réglementations se mettent à établir des règles dans le domaine de la sécurité alimentaire, la question de l'infrastructure technique permettant d'étayer ces réglementations est impérative en ce qui concerne l'assurance qualité, la formation et les méthodes d'analyse appropriées des laboratoires. Les échantillons retenus aux douanes peuvent poser des problèmes de comparabilité des résultats : tel est le cas lorsqu'un produit exporté est conforme à certains niveaux mais qu'à l'arrivée à une frontière, il est testé et donne un résultat différent. Cela induit des coûts supplémentaires pour les producteurs du monde entier et cette difficulté pourrait être résolue en mettant davantage l'accent sur la comparabilité des mesures et sur la mise en place d'une infrastructure adéquate. La disponibilité des matériaux de référence pose un défi au commerce. Cela concerne des domaines tels que les résidus de pesticides, les résidus de médicaments vétérinaires et les contaminants microbiens. La traçabilité au SI et les matériaux de référence accrédités sont également un enjeu du problème.

Mme Doherty conclut sa présentation en observant que les réglementations du secteur public et les éléments moteurs commerciaux du secteur privé doivent soutenir la mise en œuvre efficace de systèmes de sécurité alimentaire fondés sur l'évaluation des risques. Le commerce et les progrès technologiques seront les deux éléments phares d'une allocation efficace des ressources et de l'augmentation de la productivité agricole qui permettront d'atteindre, dans les prochaines décennies, la sécurité alimentaire au niveau mondial. Les limites fixées pour les contaminants chimiques et microbiens doivent être fondées sur une évaluation des risques et prendre en considération l'avancement de la science pour la mesure de la substance considérée. La reconnaissance et l'acceptation des produits seront corrélées aux progrès continus effectués concernant les infrastructures techniques nationales et internationales.

Le président de la CGPM remercie Mme Doherty pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. Brandi (Brésil) observe que la présentation de Mme Doherty se concentre sur les aspects économiques mais que la sécurité alimentaire se fonde également sur la durabilité, qui tient compte de facteurs environnementaux et sociaux. Il est toutefois difficile de mesurer la durabilité d'un point de vue scientifique. Les normes de sécurité alimentaire devraient être fondées sur des mesures et données scientifiques mais il y a actuellement des restrictions réglementaires concernant la durabilité en raison des difficultés que pose sa mesure. Mme Doherty convient que la durabilité est un concept très complexe, en particulier lorsqu'il est appliqué à l'agriculture. Concernant les réglementations

nationales et les règles commerciales dans le cadre de l'OMC, il existe un paradigme très particulier pour traiter de la sécurité alimentaire. La durabilité est envisagée comme un objectif réglementaire différent. Comprendre ce qu'est la durabilité en matière de production et mettre en œuvre des programmes nationaux et internationaux de promotion de la durabilité comportent de nombreux aspects. Aux États-Unis, un principe fondamental pour établir une réglementation est d'en définir très clairement le but principal. L'objectif aux États-Unis est la protection de la santé humaine contre toute exposition à des contaminants : c'est un objectif très précis qui permet, par cette spécificité, d'obtenir des réglementations efficaces. En termes de durabilité, les programmes américains ne sont pas des programmes de réglementation traditionnels fondés sur une norme ou une limite particulière concernant des activités spécifiques. Il existe toutefois des programmes d'étiquetage pour promouvoir la gestion efficace de l'eau ou de l'énergie par exemple. Le cœur de la sécurité alimentaire est cependant de prévenir les maladies d'origine alimentaire et les décès dus à ces maladies.

M. Sacconi (Italie) partage l'opinion selon laquelle les questions de sécurité alimentaire devraient être fondées sur la science. Il demande à Mme Doherty plus d'explications sur les traités transatlantiques sur le commerce et comment ceux-ci prendraient en considération les différences entre les États-Unis et l'Europe concernant les valeurs de tolérance fixées. Les niveaux acceptables varient également en fonction du type de contaminants. Il note que les réglementations sont élaborées de façon à ne pas introduire d'obstacles au commerce et à ne pas être discriminatoires envers les producteurs locaux. Néanmoins, il devrait y avoir un moyen de préserver la diversité de la production alimentaire, ce qui est mieux assuré au niveau local qu'au niveau mondial. Des solutions internationales semblent parfois favoriser les grands producteurs, ce qui pourrait menacer la diversité. Mme Doherty répond que lorsque des règles commerciales sont élaborées, les pays ont le droit de mettre en place des niveaux de protection plus élevés, qui sont intégrés à la norme internationale, dans la mesure où ils peuvent apporter la preuve que cette différence de tolérance se fonde sur une évaluation des risques. Cela conduit à une diversité des tolérances qui reflètent les différences de niveau de protection que les pays choisissent de mettre en place. Il y a également des différences de tolérance dues au fait que certains pays utilisent des tolérances par défaut plutôt que d'établir une tolérance en se fondant sur une évaluation des risques. Il existe de nombreux facteurs qui contribuent à la diversité des tolérances, certains étant acceptables et d'autres ne l'étant pas. Les régulateurs passent beaucoup de temps, au niveau international et lors d'accords bilatéraux, à essayer d'harmoniser les tolérances.

Le président de la CGPM remercie Mme Doherty pour sa présentation.

35. Rapport du président du CCQM

M. Kaarls, président du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie et biologie (CCQM), présente son rapport sur les activités du CCQM depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011).

Résumé

Le CCQM, qui a pour responsabilité la métrologie en chimie et biologie, rend compte dans le présent rapport de ses activités de 2011 à 2014. Le CCQM a élaboré et publié en 2013 un document de stratégie qui définit quels sont les défis clés du CCQM dans son domaine de compétence vaste et complexe. Le CCQM gère un ensemble de 130 comparaisons clés, ainsi que plus d'une centaine d'études pilotes, par le biais de huit groupes de travail permanents et de trois groupes *ad hoc* supplémentaires. En 2013, le CCQM a eu un nouveau président et le nom du comité a été modifié afin de faire référence à la biologie et de mieux refléter son champ d'activités. Le CCQM prévoit de subdiviser son Groupe de travail sur la bioanalyse afin que la planification et la réalisation des comparaisons dans ce domaine soient plus efficaces.

De 2011 à 2014, le CCQM a approuvé et publié les résultats de 35 comparaisons (29 comparaisons clés et six études pilotes indépendantes) ; 20 autres comparaisons sont actuellement en cours. Ces nombres sont cohérents avec la stratégie du CCQM de lancer chaque année 19 nouvelles comparaisons, ce qui témoigne de son efficacité dans la conduite des comparaisons et la publication de leurs résultats. Le nombre de nouvelles comparaisons que le CCQM entreprend chaque année devrait rester stable, malgré le champ d'activités toujours croissant. Cela est possible grâce au travail effectué par le CCQM pour développer de nouveaux modèles de combinaison des résultats des comparaisons afin d'étayer une plus vaste gamme d'aptitudes de mesure. Le fait de démontrer pour la première fois ou d'améliorer l'équivalence internationale des étalons constitue le trait distinctif des comparaisons du CCQM effectuées entre 2011 et 2014, ce qui atteste, parallèlement aux quatorze ateliers organisés par le CCQM, de la vitalité de la métrologie dans ce domaine et de l'intérêt qu'elle suscite. Le CCQM a entrepris d'examiner la façon dont il produit, formate et présente les CMCs, avec l'aide de 32 laboratoires nationaux de métrologie qui lui ont fourni des commentaires détaillés à ce sujet en 2014. Des propositions visant à modifier la structure des CMCs en Chimie/Biologie sont actuellement à l'étude. Le CCQM a poursuivi son processus de consultation concernant les propositions de redéfinition de la mole en organisant un atelier sur le sujet en 2012 et en 2014 et en poursuivant sa collaboration avec l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Le nombre élevé de scientifiques de laboratoires nationaux de métrologie désirant participer aux réunions du CCQM a généré quelques problèmes logistiques qui sont en cours d'examen.

Domaine de compétence du CCQM

Le CCQM est responsable de développer, améliorer et documenter l'équivalence des étalons nationaux (matériaux de référence certifiés et méthodes de référence) pour les mesures en chimie et en biologie. Il conseille le CIPM sur les sujets relatifs aux mesures en chimie et en biologie, et sur les activités scientifiques du BIPM. Les responsabilités du CCQM sont les suivantes :

- a. établir la comparabilité mondiale des résultats de mesures en promouvant la traçabilité au SI et, lorsque la traçabilité au SI n'est pas encore réalisable, à des références acceptées au niveau international ;
- b. contribuer à établir un système reconnu au niveau international d'étalons, méthodes et équipements nationaux dans le domaine de la métrologie en chimie et biologie ;
- c. participer à la mise en œuvre et au fonctionnement du CIPM MRA en ce qui concerne les mesures en chimie et en biologie ;

- d. examiner les incertitudes des services de mesure et d'étalonnage du BIPM, telles que publiées sur le site internet du BIPM, et conseiller le CIPM à ce sujet ;
- e. servir de forum pour l'échange d'informations sur les programmes de prestation de services en recherche et métrologie, ainsi que sur d'autres activités techniques, des membres du CCQM et de ses observateurs, ce qui permet d'établir de nouvelles collaborations.

Afin d'exécuter sa mission, le CCQM dispose actuellement de huit groupes de travail permanents et de trois groupes de travail *ad hoc*.

Groupes de travail permanents :

- Groupe de travail sur l'analyse organique
- Groupe de travail sur l'analyse des gaz
- Groupe de travail sur l'analyse inorganique
- Groupe de travail sur l'analyse électrochimique
- Groupe de travail sur la bioanalyse
- Groupe de travail sur l'analyse de surface
- Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs
- Groupe de travail sur la stratégie

Groupes de travail *ad hoc* :

- Groupe de travail *ad hoc* sur la mole
- Groupe de pilotage *ad hoc* sur les mesures en microbiologie
- Groupe de travail *ad hoc* sur la production, le formatage et la présentation des CMCs.

Stratégie

Le document de stratégie du CCQM a été publié pour la première fois le 23 mai 2013 puis une version révisée a été mise en ligne le 30 janvier 2014. La liste détaillée des comparaisons du CCQM pour la période 2013-2023 a été mise à jour et publiée le 1^{er} juillet 2014.

La stratégie du CCQM prend en compte la diversité et les défis inhérents à la métrologie en chimie et biologie, ainsi que l'évolution et la croissance des besoins en matière de services de mesure, et donc de comparaisons, dans ce domaine. Le CCQM prévoit d'effectuer 19 comparaisons par an sur la période 2013-2023 afin de couvrir les besoins en comparaisons des laboratoires nationaux de métrologie concernant leurs services de mesure et d'étalonnage dans les domaines de la chimie et de la biologie. La stratégie du CCQM répond à trois défis clés :

1. l'exigence de développer et maintenir un programme de comparaisons efficace et gérable afin d'étayer le large éventail d'aptitudes et étalons de mesure des laboratoires nationaux de métrologie ;
2. la nécessité de tenir compte de nouveaux domaines émergents qui évoluent rapidement ;
3. le besoin d'améliorer l'efficacité du processus de production et d'examen des CMCs dans les domaines de la chimie et de la biologie et d'optimiser leur présentation et leur formatage.

Des progrès ont déjà été réalisés pour chacun de ces trois points.

Afin d'élaborer un programme de comparaisons gérable, les groupes de travail du CCQM mettent actuellement au point une approche en matière de comparaisons clés qui permet de comparer la performance des laboratoires nationaux de métrologie participants pour certaines aptitudes fondamentales. Ceci peut ensuite servir à étayer un très large éventail d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages. Cette approche contribue à limiter les besoins en comparaisons en dépit d'un ensemble de services de mesures à comparer qui ne cesse de croître. La planification stratégique des comparaisons a également permis au CCQM de développer des plans à long terme et de formuler des conseils sur les comparaisons du CCQM qui, selon les laboratoires nationaux de métrologie, sont le plus efficacement coordonnées par le BIPM.

Le fait de parvenir à un accord sur l'analyse statistique des résultats de comparaison afin de pouvoir achever rapidement les rapports des comparaisons et en publier les résultats a été identifié par le CCQM comme un domaine où il est possible d'apporter des améliorations. Des directives supplémentaires sur le calcul de la valeur de référence d'une comparaison clé et de son incertitude ont été publiées en 2013 par le Groupe de travail *ad hoc* sur le calcul de la valeur de référence des comparaisons clés (document CCQM/13-22). Une fois cette tâche accomplie, il a été mis fin au Groupe de travail *ad hoc*.

Chaque groupe de travail du CCQM a adapté son programme de comparaisons afin de répondre aux besoins de ses laboratoires nationaux membres. Par ailleurs, le CCQM a pris des mesures par rapport au nombre croissant de laboratoires nationaux de métrologie qui développent des programmes de métrologie en biologie. Cela a requis :

- a. d'établir un Groupe de pilotage *ad hoc* sur les mesures en microbiologie, qui a lancé ses premières études sur la comparabilité des méthodes d'identification et de quantification microbiennes ;
- b. de prévoir éventuellement de subdiviser le Groupe de travail sur la bioanalyse en sous-groupes spécialisés (par exemple sur les protéines, les acides nucléiques, les cellules) afin d'accroître l'efficacité de la planification et la réalisation des comparaisons, ainsi que celle des activités du Groupe de travail, et de mieux traduire la richesse des biosciences et les besoins en la matière ;
- c. de modifier le nom du CCQM afin de faire référence à la biologie et de mieux refléter son champ d'activités.

Le document de stratégie du CCQM reconnaît qu'il est indispensable d'améliorer l'efficacité du processus de production et d'examen des CMCs en Chimie/Biologie et d'optimiser leur présentation et leur formatage. Ce point est examiné par le Groupe de travail *ad hoc* du CCQM sur la production, le formatage et la présentation des CMCs, qui a élaboré un questionnaire sur les CMCs et a étudié les réponses (en 2013 et 2014) soumises par 32 des 70 laboratoires ayant des activités déclarées en métrologie en chimie et biologie dans le cadre du CIPM MRA. Le Groupe de travail élabore actuellement des propositions concernant la structure des CMCs en Chimie/Biologie qui devraient être examinées dans le cadre de l'examen général du CIPM MRA prévu en 2015.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Comparaisons et CMCs

Entre le 1^{er} septembre 2011 et le 15 juillet 2014, 877 CMCs dans des domaines entrant dans le champ de compétence du CCQM ont été publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, ce qui porte le total de CMCs publiées en Chimie/Biologie à 5 718. Au cours de cette période de

trois ans, le CCQM a approuvé et publié les résultats de 35 comparaisons (29 comparaisons clés et six études pilotes indépendantes) ; 20 autres comparaisons sont actuellement en cours (mesures effectuées ou rapport en cours de rédaction).

Le Groupe de travail du CCQM sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs a coordonné depuis 2010 l'examen systématique des CMCs en Chimie/Biologie datant de plus de cinq ans. L'examen systématique des CMCs déjà publiées concerne désormais huit (du moins partiellement) des 15 principales catégories de service couvertes par les activités du CCQM.

Études d'impact des activités du CCQM et des réalisations de ses groupes de travail

L'incidence de la gamme d'activités couvertes par le CCQM a été décrite dans le document de stratégie du CCQM pour les années 2013-2023 en prenant l'exemple de dix études d'impact. Les exemples choisis fournissent des informations sur les bénéfices et l'impact de l'équivalence internationale des mesures dans les domaines suivants :

- la santé,
- la surveillance de l'environnement et du changement climatique,
- l'analyse et la sécurité alimentaires,
- l'énergie,
- les techniques de fabrication de pointe,
- la redéfinition des unités du SI.

Les réalisations majeures des groupes de travail du CCQM concernent pour l'essentiel les comparaisons qu'ils ont effectuées. Les progrès significatifs suivants sont à noter :

- La comparaison CCQM-K82, conduite en 2013, a démontré que l'équivalence des étalons de méthane dans l'air, un gaz à effet de serre majeur, a été améliorée d'un facteur de 10 par rapport à la comparaison effectuée dix ans plus tôt. Ce résultat est désormais comparable aux objectifs de qualité des données définis par le programme de veille de l'atmosphère globale de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) concernant la surveillance de l'atmosphère. L'obtention de mesures exactes des traces de méthane dans l'azote est le facteur limitant pour l'exactitude de ces étalons et constitue un défi à relever ; c'est un domaine où il est prévu que les techniques de mesure continuent à évoluer.
- Il a été démontré, ce qui était jusqu'alors ignoré, que les résultats de mesures concernant la salinité pratique dépendent des instruments et procédures utilisés, tel que l'indiquent les résultats de l'étude pilote CCQM-P142. Jusqu'à présent, ces sources potentielles de biais n'avaient pas été observées par la communauté océanographique car leurs étalonnages et mesures de salinité reposent habituellement sur un seul type d'instrument et un seul étalon d'eau de mer. La communauté des océanographes utilisent des mesures précises et exactes de la salinité de l'eau de mer pour surveiller l'environnement sur le long terme. Les questions métrologiques soulevées par l'étude du CCQM font l'objet d'une analyse plus poussée au sein du Joint Committee on Seawater (JCS), comité commun sur l'eau de mer qui comprend l'Association internationale pour les propriétés de l'eau et de la vapeur (IAPWS), le Comité scientifique des recherches océanographiques (SCOR) et l'Association internationale des sciences physiques de l'océan (IAPSO), et au sein du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse électrochimique, par le biais de collaborations internationales.

- Au cours des sept années passées, des progrès remarquables ont été effectués par les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés en ce qui concerne l'analyse de spéciation inorganique, qui constitue un service de mesure clé pour la recherche dans les domaines de la nutrition, de la santé et du diagnostic et traitement du cancer. Les résultats des comparaisons CCQM-K107 et CCQM-P146 publiés en 2013 illustrent clairement ces progrès. En utilisant la spectrométrie de masse par dilution isotopique, les participants aux comparaisons ont pu réaliser des mesures de la sélénométhionine dans du sérum humain à une concentration de 25 µg/kg avec une incertitude d'environ 2,5 % pour la valeur de référence de la comparaison clé, bien que travaillant avec le petit volume d'échantillon (environ 1 ml) caractéristique de ce type d'application clinique. Ce résultat peut être utilement comparé aux résultats de la comparaison CCQM-P86 de 2006 où les participants avaient fourni des résultats de mesure pour la même substance dans une matrice de levure présentant moins de contraintes, sous la forme de comprimés dans des conditionnements pharmaceutiques, à une concentration de 575 mg/kg (soit 23 000 fois plus élevée que la comparaison CCQM-K107) avec un écart-type relatif d'environ 8 %.
- La première comparaison de quantification de cellules (CCQM-P102), qui s'est achevée récemment, a permis de démontrer l'équivalence des mesures de cytométrie de flux des concentrations de cellules CD4⁺ et de documenter l'incertitude de mesure associée. La mesure des cellules T CD4 (CD4⁺) est un outil essentiel pour les laboratoires qui suivent des patients infectés par le VIH. Le rapport final de la comparaison a été transmis à un certain nombre de parties prenantes intéressées, parmi lesquelles l'Organisation mondiale de la santé, INSTAND (Institution for Standardisation and Documentation in the Medical Laboratory, Allemagne), EQUALIS (External Quality Assurance In Laboratory Medicine In Sweden, Suède) et DGKL (Deutsche Vereinte Gesellschaft für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin, Allemagne).
- Le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique, qui coopère avec le Département de la chimie du BIPM, prévoit de coordonner une série de comparaisons clés stratégiques afin d'étayer l'évaluation de pureté en chimie organique. Ce domaine de mesure est fondamental pour assurer la traçabilité de calibrateurs de rang hiérarchique le plus élevé utilisés dans un grand nombre de secteurs, ainsi que pour préparer les matériaux composant les matrices que les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés produisent comme matériaux de contrôle de l'exactitude. Les comparaisons ont conduit à analyser en profondeur les techniques d'analyse directes et indirectes de pureté, ce qui a permis au BIPM et aux laboratoires nationaux de métrologie de rédiger un document d'orientation sur les techniques d'évaluation de pureté publié par l'IUPAC (document « IUPAC Guidance Document on Purity Assessment techniques ») ; ce document sera très précieux pour la communauté de la chimie analytique.
- À partir de l'étude pilote CCQM-P108 et de la comparaison clé consécutive CCQM-K129, une analyse comparative de l'exactitude des mesures de la composition d'une couche fine fonctionnelle à base d'alliage métallique a été pour la première fois effectuée afin de répondre aux besoins des parties prenantes en matière de méthodes de mesure traçables, répétables et reproductibles dans le domaine des technologies de fabrication de pointe, notamment pour les appareils électroniques, les systèmes de stockage de données et les technologies de captage d'énergie.

La redéfinition des unités du SI

À la suite de sa déclaration de 2011 sur le besoin d'engager des consultations concernant l'éventuelle redéfinition de la mole, le CCQM a organisé deux ateliers sur le sujet, l'un en 2012, l'autre en 2014.

L'IUPAC a été invitée en 2012 à confirmer son soutien vis-à-vis de la redéfinition de la mole, comme elle l'avait déclaré en 2009, ce que l'IUPAC a fait. En 2014, le CCQM a invité un panel d'auteurs ayant publié des articles ne soutenant pas la redéfinition de la mole à venir présenter leur point de vue lors d'un atelier. Le CCQM a été invité à faire une présentation sur la redéfinition de la mole lors d'une réunion de l'American Chemical Society et des membres du CCQM participent au projet de l'IUPAC récemment mis en place « A critical review of the proposed definitions of fundamental chemical quantities and their impact on chemical communities » (Revue critique des définitions proposées des grandeurs fondamentales en chimie et de leur impact sur les communautés de la chimie) : ce projet a pour but d'entreprendre une analyse critique des définitions de la quantité de matière et de son unité, la mole, ainsi que de l'unité connexe de la grandeur masse.

Les laboratoires nationaux de métrologie membres du CCQM ont effectué des mesures des rapports isotopiques d'échantillons de silicium utilisés dans le projet Avogadro qui contribue aux travaux visant à redéfinir le kilogramme. Les méthodes de spectrométrie de masse utilisées ont été présentées et discutées lors d'un atelier du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse inorganique consacré aux mesures du projet Avogadro et aux mesures associées de spectrométrie de masse (2011).

Du fait de l'utilisation de grandeurs sans dimension dans les domaines des biosciences et de la chimie, et de l'utilisation courante de pseudo-unités pour représenter l'unité 1, le CCQM a demandé au Comité consultatif des unités (CCU) de donner des orientations complémentaires sur l'utilisation des unités dans ce domaine. Le Groupe de travail *ad hoc* créé par le CCU en 2014 afin de répondre à cette demande comprend des experts du CCQM dans le domaine des mesures chimiques et dans celui de la bioanalyse.

Ateliers techniques sur certains domaines métrologiques spécifiques à la chimie et à la biologie

Entre 2011 et 2014, les groupes de travail du CCQM ont organisé quatorze ateliers techniques dans le but de permettre un partage des connaissances sur les nouvelles techniques de mesure et les meilleures pratiques. Les thèmes et points forts de ces ateliers ont été les suivants :

- les gaz étalons utilisés pour des mesures de l'atmosphère (2011) : atelier se concentrant sur la collaboration entre le CCQM et l'OMM dans le domaine des mesures de l'atmosphère, en particulier des gaz à effet de serre ;
- les mesures en microbiologie pour assurer la sécurité alimentaire (2011) : atelier qui a permis de dégager deux axes prioritaires d'étude, la quantification microbienne et l'identification moléculaire, et de lancer des études préliminaires prometteuses, avec notamment la production d'un document sur l'incertitude de mesure pour l'identification microbienne d'une séquence d'ADN ;
- le projet Avogadro et la spectrométrie de masse associée (2011) : atelier qui a mis en évidence le rôle clé que joue la spectroscopie inorganique dans l'analyse isotopique et la détermination de la masse molaire des sphères en silicium nécessaires à la redéfinition des unités du SI ;
- les nouvelles techniques de mesure spécialisées (2011) : atelier avec la participation de laboratoires spécialisés invités qui a mis en évidence deux questions clés de l'analyse instrumentale inorganique : le besoin d'étayer au point de vue métrologique les nouveaux domaines qui évoluent rapidement, tels que la spectrométrie de masse à plasma induit couplée à l'ablation laser, ainsi que les techniques existantes, telles que l'analyse par activation neutronique et l'analyse gazeuse des métaux ;

- l'analyse clinique et la bioanalyse (2011) : atelier qui a souligné la contribution importante des participants du CCQM dans le développement de techniques analytiques avancées qui sont essentielles à la recherche clinique et aux soins de santé ;
- les projets de recherche en chimie inorganique du Programme européen de recherche en métrologie (European Metrology Research Programme - EMRP) (2012) : atelier au cours duquel ont été présentés les résultats de recherche fournis par le CCQM qui présentent un intérêt pour le réseau mondial ;
- les mesures en biologie qui étayent les diagnostics cliniques (2011) : atelier qui a permis de discuter de la recherche en métrologie visant à répondre aux défis majeurs de la mesure des biomarqueurs d'acides nucléiques et protéines et du développement de matériaux de référence pour les diagnostics cliniques, notamment le dosage de la troponine cardiaque, la détection de maladies infectieuses, et la méthylation comme facteur pronostique du cancer ;
- la mesure de l'adsorption moléculaire à l'interface solide-liquide (2012) : atelier auquel a participé l'International Union for Vacuum Science, Technique and Applications (IUVSTA) qui a mis en évidence la nécessité de développer des méthodes d'analyse chimique de surface étayées au niveau métrologique et utiles pour la production d'appareils de biodétection fiables pour les diagnostics cliniques ;
- la recherche métrologique en structure moléculaire et spectrométrie de masse étayant le développement de matériaux de référence chimiques et biologiques et les aptitudes de mesure des laboratoires nationaux de métrologie (2012) : atelier qui a fait ressortir les aptitudes en spectrométrie de masse (mobilité ionique, échange hydrogène deutérium, spectrométrie de masse couplée à l'électrophorèse capillaire, fractionnement flux-force) de nouvelle génération des laboratoires nationaux de métrologie qui sont appliquées au défi de la caractérisation et de la mesure structurale des protéines complexes ;
- l'étalonnage élémentaire traçable au SI (2012) : atelier qui a mis en lumière les défis pour assurer la traçabilité au SI des mesures inorganiques ;
- les étalons servant à mesurer les rapports isotopiques du dioxyde de carbone et du méthane (2013) : atelier commun au BIPM et à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) qui a permis de rendre compte du développement de méthodes optiques de mesure des rapports isotopiques, par comparaison aux méthodes traditionnelles de spectrométrie de masse, et des exigences en matière de nouveaux matériaux de référence certifiés pour les étalonner ;
- les défis et les nouveaux développements de la recherche métrologique en chimie et biologie (2013) : atelier qui a permis de décrire les techniques émergentes (microscopie super résolution, PCR numérique, microscopie CARS / microscopie par génération de seconde harmonique, résonance magnétique nucléaire) principalement fondées sur la mesure exacte de molécules uniques et la détermination de la pureté ;
- les nouvelles techniques de mesure en métrologie des gaz (2013) : atelier où ont été partagées des informations sur les techniques les plus récentes d'analyse des gaz et de préparation des étalons ;
- les mesures de rapports isotopiques d'éléments légers (2014) : atelier avec la participation de laboratoires spécialisés invités qui a mis en évidence la nécessité d'assurer la traçabilité au SI des différences relatives de rapports isotopiques et de mener des recherches sur le long terme dans ce domaine.

Par ailleurs, un atelier sur les réalisations et les futurs défis du CCQM a été organisé en 2013 à l'occasion du 20^e anniversaire de la création du Comité afin de discuter de ces thématiques et

recueillir des éléments à intégrer à la stratégie du CCQM. Les progrès effectués dans les activités du CCQM concernant les méthodes de dilution isotopique pour les substances organiques, l'analyse de pureté, l'analyse par activation neutronique pour les substances inorganiques et la PCR numérique pour la quantification de l'ADN, ont été soulignés. La possibilité d'utiliser de nouvelles techniques de mesure et de nouveaux étalons dans le domaine de la médecine légale a été présentée.

Dissémination de l'information sur les activités du CCQM

Le CCQM a entrepris d'améliorer son processus de dissémination de l'information. Dès 2012, le CCQM a commencé à communiquer ses décisions et ses actions dans un délai de deux semaines après la session plénière, le rapport de la réunion étant généralement revu et publié dans les quatre mois suivant la réunion. Il est par ailleurs prévu de rendre public un plus grand nombre de présentations et rapports.

Défis et difficultés

Le processus d'élaboration de la stratégie du CCQM a permis d'identifier trois défis majeurs pour lesquels des actions sont en cours.

Le CCQM, qui a pour responsabilité la métrologie en chimie et biologie, couvre sans aucun doute des domaines métrologiques qui sont aussi vastes, ou plus vastes, que ceux de tous les autres Comités consultatifs combinés. Le CCQM y parvient grâce à ses groupes de travail qui sont structurés selon leur compétence métrologique. Les groupes de travail du CCQM organisent souvent leur réunion en même temps afin d'optimiser la synergie et faciliter les échanges. En raison de l'intérêt que suscitent les activités des groupes de travail du CCQM et leur succès, plus de 200 scientifiques ont participé aux réunions des groupes de travail du CCQM. Toutefois, l'hébergement de ces réunions relève désormais du défi pour le BIPM et pour les laboratoires nationaux de métrologie. Le problème est examiné par le Groupe de travail du CCQM sur la stratégie qui a fait des propositions afin de réduire le nombre de groupes de travail qui se réunissent simultanément à un même endroit et afin que les principales réunions des groupes de travail ne coïncident pas avec la réunion plénière. Il est prévu de mettre en œuvre un nouveau calendrier de réunions des groupes de travail du CCQM en 2016.

Depuis sa création, le CCQM a organisé un nombre considérable d'études pilotes et a invité, à certaines occasions, d'autres laboratoires à y prendre part lorsque cela pouvait apporter de la valeur ajoutée au niveau scientifique. L'intérêt que de potentiels laboratoires invités continuent à manifester par rapport à la participation à ces études, ainsi que le souci de garantir que les résultats de ces études sont utilisés de manière appropriée, ont conduit le CCQM à développer un processus formel de demande, examen et acceptation de participation de laboratoires invités à des études pilotes. Le processus a été approuvé par le CIPM et sera mis en œuvre par tous les Comités consultatifs.

Perspectives à court terme et à long terme

Le champ de compétence du CCQM, varié et complexe, doit permettre de répondre aux besoins toujours croissants et en pleine évolution en matière de services de mesure. Ci-après figurent des exemples de questions et tendances importantes dans différents secteurs qui sont susceptibles d'avoir une incidence sur l'évolution des services des laboratoires nationaux de métrologie.

Les comparaisons futures du CCQM seront sélectionnées de façon à établir l'équivalence internationale des services et étalons de mesures dans ces domaines.

- Santé : les systèmes de mesure de référence pour le diagnostic, la traçabilité au SI des mesures quantitatives d'acides nucléiques, de protéines, de polysaccharides et de cellules, y compris l'évaluation de pureté de haute exactitude ; le soutien à la biologie des systèmes (par exemple les approches combinées « omiques » couvrant notamment les lipides / cellules / gènes / protéines), y compris les interactions des systèmes immunitaires ; les mesures étayant l'identification, la qualité, la sécurité et l'efficacité des produits biologiques et pharmaceutiques.
- Sécurité alimentaire et nutrition : la quantification des résidus et contaminants, l'identification et la quantification microbiennes, la quantification des nutriments, l'étiquetage et la provenance des produits alimentaires.
- Environnement : les systèmes de mesure de référence pour : la surveillance mondiale directe, à distance et à long terme des gaz à effet de serre ; le développement du contrôle des émissions de gaz toxiques et réactifs dans l'atmosphère et sur les lieux de travail, générées par les activités industrielles ; les particules et nanoparticules ; les composés organiques semi-volatils dans l'air intérieur et urbain et l'analyse en temps réel de leur composition ; les mesures des rapports isotopiques pour des études environnementales sensibles ; la qualité de l'eau.
- Énergie : la diversification des moyens d'approvisionnement en gaz énergétiques (biogaz, méthane provenant de mines de charbon, gaz de schiste) ; les gaz dissous dans l'eau (méthane et hydrates de méthane) ; le domaine émergent de l'économie de l'hydrogène (mesures des impuretés dans l'hydrogène) ; l'énergie exploitable des biodéchets ; la biotechnologie industrielle (comme l'exploitation durable de l'énergie microbienne) ; les propriétés physico-chimiques des biocarburants ; l'état général et l'état de charge des systèmes de stockage de l'énergie (batteries dans le secteur automobile) ; l'injection de gaz non conventionnels dans les réseaux de gazoducs existants ; les technologies alternatives concernant les systèmes photovoltaïques.
- Matériaux avancés : le développement d'outils de caractérisation et de protocoles d'analyse des surfaces nanostructurées et des nanoparticules étayés par la métrologie. La recherche concernant la traçabilité des mesures de toxicité se concentrera sur la caractérisation chimique et biologique des nanoparticules ; le développement de nouveaux matériaux avec des surfaces fonctionnelles dont les biomatériaux, les métamatériaux et les matériaux hybrides ; les capteurs électrochimiques permettant de surveiller et de relever des données sur la performance des matériaux intelligents ; les capteurs chimiques intégrés dans des bâtiments intelligents.
- Nouvelles exigences technologiques : il est attendu que la variété et la complexité des substances à analyser couvertes par le CCQM croissent. Cela nécessitera des développements technologiques, parmi lesquels le développement de calibrateurs primaires et de systèmes de mesure de référence pour de nouvelles substances encore plus complexes, ainsi que le développement d'une infrastructure métrologique internationale pour les mesures biologiques.

Données sur le CCQM

CCQM établi en 1993

Président : W. E. May

Secrétaire exécutif : R.I. Wielgosz

Composition :

28 membres et 12 observateurs

Réunions depuis la 24^e réunion de la CGPM :

19-20 avril 2012, 18-19 avril 2013, 10-11 avril 2014

Huit groupes de travail :

- Analyse organique
- Analyse des gaz
- Analyse inorganique
- Analyse électrochimique
- Bioanalyse
- Analyse de surface
- Comparaisons clés et qualité des CMCs
- Stratégie

Trois groupes de travail *ad hoc*

- Groupe de pilotage *ad hoc* sur les mesures en microbiologie
- Groupe de travail *ad hoc* sur la mole
- Groupe de travail *ad hoc* sur la production, le formatage et la présentation des CMCs

Activité en matière de comparaisons (juillet 2011 - juillet 2014)	Terminée(s) (juillet 2011 - juillet 2014)	En cours	Programmée(s) [d'ici 2015]
Comparaisons clés du CCQM (et comparaisons supplémentaires)	29	12	26
Études pilotes du CCQM	6	8	11
CMCs	5 718 CMCs dans 67 catégories de service 877 CMCs supplémentaires depuis le 1 ^{er} septembre 2011		

Le président de la CGPM remercie M. May pour son rapport et demande s'il y a des questions.

M. Fisk (Australie) remercie M. May pour sa présentation et le félicite pour les réalisations du CCQM. Il observe que certaines organisations régionales de métrologie se concentrent sur la charge de travail liée au maintien d'un grand nombre de CMCs et sur la viabilité de cette charge de travail. Il demande à M. May s'il peut apporter des informations complémentaires par rapport au fait que le CCQM compte 5 700 CMCs dans la KCDB et que ce chiffre croît. M. May répond que des initiatives ont été prises pour résoudre ce problème et que les CMCs sont en train d'être restructurées. Par exemple, dans le cas des polychlorobiphényles (PCB) présents dans le sol, on compte 202 PCB et certains laboratoires nationaux de métrologie font une déclaration pour un sous-ensemble significatif de ces 202 PCB. Il est possible de concevoir des études visant à évaluer l'aptitude d'un laboratoire national de métrologie à fournir des services pour les PCB présents dans les sédiments et les huiles, par exemple. Cela permettrait d'évaluer les aptitudes, connaissances et compétences d'un laboratoire national de métrologie et de savoir comment les appliquer dans différentes matrices et sous-ensembles de CMCs. Il reconnaît qu'il n'est pas possible de maintenir sur le long terme le nombre croissant de CMCs.

M. Uğur (CIPM) observe que la plupart des laboratoires nationaux sont administrés par les gouvernements et qu'ils sont financés par ces gouvernements pour accomplir leur travail. Les laboratoires nationaux de métrologie sont des organisations hautement scientifiques et le niveau d'acceptation des comparaisons entre laboratoires nationaux est très bon. Il ajoute que Mme Doherty a évoqué les négociations commerciales dans le domaine de la sécurité alimentaire et a fait plusieurs fois référence à la science comme élément de prise de décision. Les différences semblent être très grandes entre les pays alors que les laboratoires nationaux de métrologie présentent de meilleurs accords en la matière. Si un pays dispose d'un laboratoire national de métrologie, de haut niveau scientifique, et que les mesures des laboratoires nationaux sont en accord, il demande à quelle fréquence le CCQM est consulté lors de négociations commerciales et à quelle fréquence le BIPM est consulté par l'OMC. M. Milton répond que le BIPM participe désormais aux réunions du Comité de l'OMC sur les barrières techniques au commerce. Cela a constitué un important pas en avant pour le BIPM et lui a permis d'être présent lors des négociations. M. Wielgosz (BIPM) ajoute que le BIPM a le statut d'observateur à la Commission du Codex Alimentarius et participe activement au comité sur les méthodes d'analyse et d'échantillonnage. Selon l'OMC, les différends commerciaux portent sur les normes internationales or ces normes sont approuvées au sein du Codex. Les questions d'incertitude de mesure et de comparabilité ont été soulevées au Codex et le BIPM et les laboratoires nationaux ont contribué, via ce forum établi depuis dix ans, à apporter des réponses. M. May ajoute qu'outre le BIPM, de nombreux laboratoires nationaux de métrologie sont membres du Codex. Il observe qu'il revient à la communauté de la métrologie de fournir les outils qui pourront être utilisés lors des négociations commerciales mais qu'elle n'a pas d'influence sur les négociations proprement dites. La communauté de la métrologie n'a pas pouvoir de réglementation. M. Henson (BIPM) appuie les commentaires de M. May. Il note que lors d'une récente réunion de l'OMC, il a fait une présentation pour les négociateurs commerciaux présents afin de mettre en lumière l'infrastructure métrologique qui est à leur disposition, son rôle et ce qui peut et ne peut pas être fait. Ce n'est pas le rôle de la communauté de la métrologie de réglementer ou de participer aux négociations commerciales. Le rôle de la communauté de la métrologie est d'attirer l'attention des régulateurs sur l'importance des laboratoires nationaux de métrologie et leur participation aux organisations régionales de métrologie au niveau international, de sorte que lorsque des mesures sont effectuées, elles soient comparables au niveau requis pour les activités commerciales.

Mme Santo (Uruguay) demande quelle est la politique du CCQM concernant les méthodes dépendant de paramètres qui ne sont pas traçables au SI mais qui sont utilisées pour la caractérisation des aliments. Celles-ci sont importants pour le commerce, c'est pourquoi il est nécessaire que les résultats soient comparables. M. May répond que les ressources du CCQM sont très limitées et qu'il ne peut répondre aux demandes de tous, c'est pourquoi le CCQM doit se concentrer sur certains objectifs. De façon historique, le CCQM a fourni des méthodes dépendant de paramètres, lorsqu'il y a un consensus international sur la convention. Pour les mesurandes pour lesquels chaque pays a une définition différente de son étalon, cela n'est pas de la responsabilité du CCQM.

Le président de la CGPM remercie M. May pour sa présentation.

36. Rapport du président du CCRI

M. Louw, président par intérim du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), présente son rapport sur les activités du CCRI depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011). Ce rapport a été rédigé par M. Carneiro, précédent président du CCRI.

Résumé

La mission du CCRI est de contribuer à l'harmonisation mondiale des mesures dans le domaine des rayonnements ionisants, principalement en identifiant et en supervisant les comparaisons nécessaires à cet effet. Les résultats de comparaisons sont enregistrés dans la KCDB et le travail est exécuté conformément au plan stratégique établi par le CCRI.

La stratégie du CCRI a été élaborée pour la première fois en 2009 : elle couvre la planification et la gestion des activités du CCRI, ainsi que l'établissement d'un rapport annuel. La stratégie identifie plus de 40 actions pour le court terme, le moyen terme et le long terme, qui sont effectuées selon un programme glissant et mises à jour à la fin de chaque période. Les membres du CCRI et ses parties prenantes ont évalué la stratégie en 2013 et l'ont considérée comme très satisfaisante.

Le développement de la traçabilité internationale pour la dosimétrie de photons à hautes énergies est un thème spécifique qui a rendu nécessaire une analyse stratégique conduisant à y consacrer un atelier en 2015. Par ailleurs, la stratégie tient compte des commentaires formulés par les principales parties prenantes du CCRI, à savoir les organisations régionales de métrologie, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'International Commission of Radiation Units and Measurements (ICRU), l'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) et l'International Organization for Medical Physics (IOMP).

Le nombre de CMCs dans le domaine des rayonnements ionisants s'est stabilisé depuis 2011. Les activités de dosimétrie (mammographie, curiethérapie) ont été consolidées et le CCRI a eu de nombreux retours très satisfaisants quant aux comparaisons de dosimétrie de photons à hautes énergies : la procédure d'évaluation des degrés d'équivalence a été adoptée, les cinq premiers résultats de comparaisons sont statistiquement cohérents et un atelier est programmé pour 2015. Parmi les autres travaux du CCRI figurent l'extension de l'instrument de transfert du SIR au ^{18}F (période de 1,8 h), les études pilotes relatives à l'extension du SIR aux émetteurs bêta - qui sera mise en œuvre en 2016, ainsi que la mise à jour du document « *Measurement Methods Matrix* » concernant les mesures d'activité de radionucléides et la mise en place d'une moyenne à pondération modulée (PMM, *power-moderated mean*) permettant une évaluation robuste des valeurs de référence des comparaisons clés. Les rapports finaux de plusieurs comparaisons clés et supplémentaires (parmi lesquelles CCRI(II)-K2.Lu-117, CCRI(II)-S7, CCRI(II)-S8 et CCRI(III)-K11) ont été publiés, tout comme la procédure pour établir les degrés d'équivalence des étalons primaires nationaux de dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux de photons d'accélérateurs (BIPM.RI(I)-K6).

Par ailleurs, le volume 7 de la *Monographie BIPM 5 « Table of Radionuclides »* a été publié et le paramètre W_{air} réévalué, ce qui est déterminant pour les étalons primaires ionométriques.

Le CCRI a réduit le nombre de ses groupes de travail de 11 à 6 et des progrès ont été accomplis afin de simplifier et raccourcir le processus de production des rapports de comparaisons des sections II

et III. De nouveaux observateurs ont été acceptés : il s'agit du laboratoire slovaque (SMU) concernant la Section II, et des laboratoires italien (ENEA) et canadien (CNRC) concernant la Section III.

Domaine de compétence du CCRI

La mission du CCRI est de contribuer à l'harmonisation mondiale des mesures dans le domaine des rayonnements ionisants, principalement en supervisant les comparaisons internationales et régionales afin que leurs résultats soient enregistrés dans la KCDB. Les différentes tâches du CCRI et les services qu'il fournit sont les suivants :

- organiser et effectuer des comparaisons dont les résultats sont publiés dans des *Technical Supplements* de *Metrologia* ;
- maintenir et développer le Système international de référence (SIR) ;
- maintenir et développer les étalons de mesure pour la dosimétrie ;
- coordonner les activités des trois sections du CCRI (I, II et III) et de leurs groupes de travail et formuler des recommandations ;
- publier des monographies sur les données nucléaires et contribuer à des numéros spéciaux de *Metrologia* ;
- participer à des conférences et réunions ;
- publier des articles dans d'autres revues scientifiques ;
- assurer un transfert des connaissances envers le personnel des laboratoires nationaux de métrologie, notamment par des visites au BIPM (par exemple durant les comparaisons) et par des ateliers et conférences au BIPM.

Stratégie

Depuis 2009, le CCRI a adopté une stratégie concernant la planification et la gestion de ses activités, ainsi que l'établissement d'un rapport annuel. Le plan stratégique couvre trois périodes budgétaires du BIPM (chacune correspondant de façon typique à quatre années) correspondant au court terme, au moyen terme et au long terme. Il assure la mise en œuvre de la mission du CCRI (précédemment décrite) et présente les objectifs à atteindre pour les trois périodes à venir, par la mise en place d'initiatives ciblées et d'actions spécifiques pour chacune des périodes. Par ailleurs, le plan stratégique décrit les relations spécifiques du CCRI avec ses parties prenantes, ainsi que ses Groupes de travail ; il sert de référence pour rendre compte chaque année des activités du CCRI et il est mis à jour en fonction de l'évolution du programme de travail du BIPM, généralement tous les quatre ans.

Depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011), le CCRI a effectué le premier examen périodique de sa stratégie. Sur les 100 participants ayant contribué à rédiger le nouveau plan stratégique, 31 ont rempli un questionnaire sur la pertinence de l'approche stratégique adoptée par le CCRI : selon les résultats, la stratégie est considérée comme très satisfaisante.

Le plan stratégique a non seulement été mis à jour en tenant compte de ce qui avait été réalisé lors du précédent programme de travail (2009-2012) mais il a aussi été modifié afin de suivre le modèle que le BIPM a mis en place en 2012 en produisant le document « Rolling Programme Development ».

Le format adopté par le CCRI, qui avait été mis en place trois ans auparavant, était légèrement différent de celui du BIPM. La stratégie du CCRI a ainsi été adaptée au programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2015, puis étendue aux années 2013 à 2023, avec plus de 40 actions stratégiques identifiées autour de cinq initiatives stratégiques. Ces actions et initiatives sont regroupées dans des catégories correspondant au court terme (2013-2015), au moyen terme (2016-2019) et au long terme (2020-2023).

L'établissement d'un rapport annuel a été mis en place et certaines stratégies ambitieuses ont été rendues plus réalistes afin de pouvoir être appliquées à une gestion quotidienne et à la rédaction de rapports. Cette approche plus structurée pour rendre compte des activités du CCRI a renforcé la clarté des informations transmises et a amélioré la communication, notamment avec les parties prenantes. Le nombre de groupes de travail a été réduit car le travail de certains a été identifié comme terminé, transféré à un petit nombre de groupes de travail permanents ou converti en actions stratégiques. Enfin, bien que les ressources ne soient pas énumérées de façon systématique, l'approche stratégique contribue désormais à planifier les ressources et établir un calendrier de façon plus réaliste, à la fois au BIPM et au sein des laboratoires nationaux de métrologie participants.

Une question a, en particulier, été examinée concernant la stratégie : l'établissement de la traçabilité mondiale de la dosimétrie des accélérateurs. La CGPM, à ses 23^e et 24^e réunions, a chargé le CCRI d'étudier la possibilité d'installer sur le site du BIPM un accélérateur linéaire qui servirait d'équipement de référence pour la nouvelle comparaison clé BIPM.RI(I)-K6 sur la mesure de la dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux d'accélérateurs ; le CCRI a ainsi mis en place un groupe de travail pour étudier ce sujet. Toutefois, au cours de la période 2012-2013, il est devenu clair qu'un certain nombre d'États Membres n'accepteraient pas les coûts d'investissement associés à un tel projet et il a été mis fin au groupe de travail. Un groupe restreint du CCRI discute de l'orientation à donner à ce thème et organise à cette fin un atelier du CCRI sur la traçabilité mondiale de la dosimétrie des accélérateurs qui se tiendra le 20 mars 2015 au BIPM.

Depuis 2009, l'un des objectifs du CCRI a été de renforcer sa visibilité parmi ses principales parties prenantes. Cette démarche a été couronnée de succès : plusieurs activités fondamentales du CCRI, telles que la dosimétrie des accélérateurs, le SIR et ses extensions, ainsi que les nouvelles comparaisons de dosimétrie pour la mammographie et la curiethérapie, ont reçu le soutien des parties prenantes concernées. En outre, il est à noter que les parties prenantes citées ci-après ont participé en 2012 et 2013 à l'élaboration du plan stratégique :

- toutes les organisations régionales de métrologie : AFRIMET, APMP, EURAMET, COOMET et SIM ;
- l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ;
- l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) ;
- l'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) [membre de la Section II] ;
- l'International Organization for Medical Physics (IOMP) et d'autres organismes régionaux associés.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Le CCRI s'est réuni deux fois depuis la 24^e réunion de la CGPM, le 15 mai 2012 et le 17 mai 2013, sous la présidence de Kim Carneiro.

Principales activités

Le nombre de CMCs s'est désormais stabilisé, avec 4 001 CMCs dans 738 catégories de service. La production des rapports de comparaisons est particulièrement efficace au sein de la Section I du CCRI, où la valeur de référence qui est adoptée pour une comparaison clé est celle du BIPM, ce qui permet un processus d'approbation plus rapide.

Les comparaisons de la comparaison clé BIPM.RI(I)-K6 de dosimétrie dans des faisceaux d'accélérateur à l'aide du calorimètre étalon voyageur du BIPM ont été consolidées, sept d'entre elles étant désormais achevées (celles effectuées avec le CNRC, la PTB, le NIST, le LNE-LNHB, l'ARPANSA, le NPL et le VSL). Les résultats des cinq premières comparaisons ont été enregistrés dans la KCDB : ils présentent un ensemble de données statistiquement cohérent :

- en utilisant la valeur obtenue par le calorimètre spécifique du BIPM comme valeur de référence, les valeurs soumises par les laboratoires nationaux présentent des écarts relatifs par rapport à la valeur de référence de l'ordre de $-0,63 < D/U < 0,31$, ce qui est considéré comme très satisfaisant ;
- les laboratoires nationaux de métrologie ont estimé leur incertitude (écart-type) comprise dans l'intervalle $0,44 \% < u < 0,64 \%$ et la valeur du χ^2 obtenue confirme la cohérence de l'ensemble des données par rapport à ces estimations.

Ces résultats permettent de conclure que la dosimétrie primaire des accélérateurs semble pleinement harmonisée au sein des laboratoires nationaux de métrologie participant à la comparaison clé BIPM.RI(I)-K6 et ayant soumis des résultats.

Les comparaisons pour la dosimétrie en mammographie sont désormais bien établies au BIPM et des résultats ont été publiés dans la KCDB depuis 2011 pour le CNRC, le NMIJ, le NIST, la PTB et le VNIIM. Les développements effectués par les laboratoires nationaux concernant les étalons primaires de curiethérapie ont accru le besoin de comparaisons. En conséquence, une nouvelle dynamique a été insufflée au Groupe de travail de la Section I sur les étalons en curiethérapie en 2013, puis le protocole et le programme de mesures des comparaisons de kerma dans l'air pour les sources de ¹⁹²Ir à niveau de dose élevé ont été révisés en 2014. Deux nouvelles comparaisons, avec le CNRC et le LNE-LNHB, ont été conduites en 2014 et deux autres comparaisons sont prévues en 2015.

Le Report Committee on Key Data for Dosimetry de l'ICRU devrait publier en 2014 son rapport sur les valeurs recommandées pour les constantes physiques clés : le BIPM a contribué de façon significative à la rédaction de ce rapport qui comprend notamment une réévaluation du paramètre W_{air} . Ce paramètre est déterminant pour les étalons primaires ionométriques : la réévaluation a été fortement influencée par les mesures du BIPM concernant les chambres primaires d'ionisation et les mesures calorimétriques aux hautes énergies dans les faisceaux d'accélérateurs.

Parmi les éléments importants concernant les mesures de radioactivité (Section II) figurent le service permanent de mesures du BIPM, le Système international de référence (SIR), pour plus de 60 émetteurs gamma, et l'instrument de transfert du SIR pour les radionucléides à courte durée de

vie, mis en place depuis 2009 pour le ^{99m}Tc (période d'environ 6 h) et utilisé depuis par le NIST, le NMIJ, le KRISS, le NIM, le CNEA, le LNMRI/IRD, l'IFIN-HH et le VNIIM. L'instrument de transfert du SIR a été étendu en 2014 au ^{18}F (période d'environ 110 min) en effectuant des comparaisons avec le VNIIM, le NPL et l'ENEA. L'extension du SIR aux émetteurs bêta fait l'objet d'une comparaison préliminaire pour le ^3H , le ^{14}C , le ^{55}Fe et le ^{63}Ni qui a commencé en 2014 avec 14 laboratoires nationaux participants.

L'extension du SIR aux émetteurs gamma ou bêta (et dans le futur aux émetteurs alpha) permettra de réduire de façon significative le besoin de la Section II du CCRI en comparaisons organisées par des laboratoires nationaux de métrologie, ce qui réduira donc l'implication de ces laboratoires et les ressources consacrées à ce travail. Une autre approche importante est la mise en œuvre de la « matrice des méthodes de mesure » (MMM) pour sélectionner les radionucléides adéquats qui permettent de démontrer efficacement l'aptitude d'un laboratoire à mesurer également d'autres radionucléides de complexité similaire (ou inférieure). En parallèle, le programme glissant sur dix ans permet de prévoir, dans le cadre de la planification stratégique, des comparaisons de radionucléides spécifiques qui présentent des difficultés et qui seront soumis au SIR. Plusieurs comparaisons clés ou supplémentaires de la Section II du CCRI ont été achevées, notamment les comparaisons CCRI(II)-K2.Lu-177, CCRI(II)-S7 (analyse d'incertitude par des méthodes de comptage des coïncidences) et CCRI(II)-S8 (^{137}Cs , ^{90}Sr et ^{40}K dans une matrice de référence composée de baies sauvages).

La production des rapports de comparaisons dans ce domaine, généralement plus lente en raison de la nécessité de parvenir à un accord sur l'évaluation de la valeur de référence de la comparaison clé, a été améliorée grâce aux éléments suivants : suppression des degrés d'équivalence par paires, production de rapports du SIR plus succincts lorsque la modification de la valeur de référence n'est pas significative, et mécanisme simplifié pour rendre compte des résultats de mesure, tel que convenu par le Groupe de travail de la Section II du CCRI sur les comparaisons clés. La moyenne à pondération modulée a été adoptée afin de permettre une évaluation plus robuste des valeurs de référence des comparaisons clés. Un nouvel observateur a été accepté à la Section II du CCRI en reconnaissance de sa contribution active à la métrologie des radionucléides : il s'agit du laboratoire national slovaque, le SMU.

Concernant les données nucléaires de référence, le volume 7 de la *Monographie BIPM 5 « Table of Radionuclides »* a été publié en 2014 et un numéro spécial de *Metrologia* sur l'évaluation des incertitudes dans les mesures d'activité des radionucléides devrait être publié en décembre 2014.

Les délais de réalisation des comparaisons concernant les mesures de neutrons sont réduits en utilisant une installation unique et centrale chaque fois que possible, comme pour la comparaison sur la fluence de neutrons monoénergétiques. Toutefois, cela ne permet pas de tester l'aptitude des laboratoires participants à produire une fluence neutronique adaptée. Des rapports de comparaisons ont été publiés, notamment celui de la comparaison clé CCRI(III)-K11 (fluence neutronique dans des champs de neutrons monoénergétiques). Bien que certains laboratoires nationaux de métrologie aient exprimé de l'intérêt vis-à-vis des mesures d'équivalent de dose individuel, il subsiste un certain nombre de problèmes concernant la définition de la grandeur en termes de faisceau parallèle. Il a également été décidé que l'examen des CMCs concernant les mesures de neutrons pourrait être réalisé lors des réunions de la Section III du CCRI qui rassemblent la plupart des laboratoires effectuant des mesures de ce type, ce qui permettrait de réduire le délai d'approbation. Deux nouveaux observateurs ont été acceptés à la Section III du CCRI : il s'agit du laboratoire national italien, l'ENEA, et du laboratoire national canadien, le CNRC.

Un document sur les critères de validité des comparaisons du CCRI a été adopté par consensus ; un aspect notable de ce document est que la date du commencement de la validité est la date des mesures correspondantes. Ce document est utilisé par chaque laboratoire national de métrologie comme un outil essentiel pour planifier les exigences requises d'une comparaison.

Du fait de la mise en œuvre de la stratégie du CCRI, il a été mis fin aux cinq groupes de travail suivants dont les objectifs ont été transformés en actions :

- le Groupe de travail sur la stratégie ;
- le Groupe de travail sur la dosimétrie des accélérateurs ;
- le Groupe de travail sur la réalisation du becquerel au niveau fondamental ;
- le Groupe de travail sur les systèmes de détection de photons à haut rendement ;
- le Groupe de travail sur l'instrument de transfert.

Défis et difficultés

Il est plus complexe de produire les rapports de comparaisons des Sections II et III que ceux de la Section I car la valeur de référence d'une comparaison clé doit être évaluée à partir de toutes les données soumises et approuvée par tous les participants. La Section II a convenu d'appliquer une procédure simplifiée afin de réduire le délai nécessaire entre la réalisation des mesures et la publication du rapport. La création d'une base d'archives contenant les projets B de rapport permettrait aux auditeurs de vérifier la pertinence des CMCs déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie et devrait être traitée dans le cadre de la mise en œuvre du CIPM MRA.

Jusqu'en 2011, les comparaisons pour la dosimétrie en curiethérapie ont fortement reposé sur le travail de scientifiques invités au BIPM et, bien que quatre comparaisons de kerma dans l'air pour les sources de ^{192}Ir à niveau de dose élevé aient été achevées avec le VSL, le NPL, le LNE-LNHB et la PTB, aucun rapport n'a été produit. Le BIPM a repris cette activité en 2014 en utilisant ses propres ressources, ce qui a permis de rédiger les rapports accusant un retard et d'entreprendre une nouvelle comparaison avec le CNRC et une autre avec le LNE-LNHB après qu'un nouvel équipement a été installé dans le laboratoire du BIPM. Deux autres comparaisons sont prévues en 2015 mais tout projet à venir devra traiter la question des étalons de dose absorbée pour la curiethérapie que les laboratoires nationaux de métrologie développent actuellement. Une décision concernant les comparaisons de sources à niveau de dose faible utilisées en curiethérapie a été ajournée jusqu'en 2015 afin de prendre en considération les résultats d'une comparaison approuvée par l'EURAMET dans ce domaine.

La pérennité des comparaisons de photons à hautes énergies dans les faisceaux d'accélérateurs fera l'objet d'une discussion lors d'un atelier programmé le 20 mars 2015.

Un exercice préliminaire concernant le ^3H , le ^{14}C , le ^{55}Fe et le ^{63}Ni a commencé en 2014 avec la participation de 14 laboratoires nationaux ; il a pour objectif de définir les modalités finales de l'extension du SIR aux émetteurs bêta, qui ne sont pas couvertes pour le moment par le SIR. La mise en place des procédures et leur application dans les laboratoires requerront des efforts énormes mais cela permettra en retour d'effectuer une nouvelle comparaison en continu qui réduira de façon importante la charge de travail des laboratoires nationaux de métrologie liée au pilotage de comparaisons.

Une étude annuelle visant à définir l'intérêt des laboratoires nationaux de métrologie vis-à-vis des comparaisons a été lancée au BIPM afin de suivre en permanence cette question, d'identifier les besoins spécifiques et de prévoir la réponse optimale à apporter aux laboratoires nationaux.

Selon les estimations de cette étude, les ensembles de comparaisons en continu, BIPM.RI(I)-K1 à -K8 pour la dosimétrie, et BIPM.RI(II)-K1 et -K4 pour le SIR et l'instrument du SIR, seront maintenus afin de répondre aux demandes des laboratoires nationaux : cela continuera à exiger des efforts considérables de la part du BIPM, similaires à ceux fournis en 2011-2014, mais ce travail permet aux laboratoires nationaux de ne pas avoir à organiser ou piloter de comparaisons. Il est prévu de lancer de nouvelles comparaisons en continu du BIPM pour la dose absorbée dans l'eau pour les rayons x aux moyennes énergies et pour l'extension du SIR aux émetteurs bêta et des comparaisons du CCRI pour les grandeurs neutroniques opérationnelles, ainsi que d'effectuer les comparaisons (une par an) liées à la mise en œuvre du programme glissant sur dix ans concernant les mesures d'activité des radionucléides.

Le transport des équipements de mesure utilisés pour les comparaisons pose souvent des difficultés administratives lors du passage en douane, similaires aux problèmes rencontrés pour les sources radioactives, ce qui entraîne des retards importants de livraison de ces équipements qui, parfois, peuvent être bloqués en raison de réglementations très strictes dans certains pays. Des efforts sont faits par les organismes concernés afin d'améliorer et d'accélérer les procédures de déclaration et les opérations de douane, et ainsi éviter tout retard important.

Perspectives à court terme et à long terme

Perspectives à court terme (2016-2019)

- Mettre à jour la stratégie afin d'y intégrer les noms du nouveau président du CCRI et de deux nouveaux présidents de section ;
- Rationaliser l'organisation du CCRI : les sections seront transformées en groupes de travail et il sera mis fin, lorsque nécessaire, au Groupe de travail de la Section I sur les étalons en curiethérapie et au Groupe de travail de la section II sur l'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement β pur au moyen du système de comptage par scintillation liquide ;
- Continuer à remplacer les étalons de kerma dans l'air par des étalons de dose absorbée dans l'eau ;
- Établir une stratégie à long terme pour la dosimétrie des accélérateurs ;
- Assurer l'extension complète du SIR aux isotopes et émetteurs bêta à courte durée de vie.

Perspectives à long terme (2020-2023)

- Nouvelles grandeurs biologiques ;
- Dosimétrie des protons (hadrons) ;
- Neutrons revitalisés.

Données sur le CCRI

CCRI établi en 1958 (sous le nom de Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants, **CCEMRI**, de 1958 à 1997)

Trois sections : Section I : Dosimétrie ; rayons x et gamma, particules chargées

Section II : Mesure d'activité des radionucléides

Section III : Mesures neutroniques

Président : Kim Carneiro

Secrétaire exécutif : José María Los Arcos

Composition :

CCRI : 28 (Section I : 18, Section II : 20, Section III : 11)

Réunions depuis la 24^e réunion de la CGPM :

15 mai 2012 (23^e réunion), 17 mai 2013 (24^e réunion)

Six Groupes de travail :

- Groupe de travail sur les CMCs en collaboration avec les organisations régionales de métrologie

- Trois Groupes de travail sur les comparaisons clés (Sections I, II et III)

- Groupe de travail de la Section I sur les étalons en curiethérapie

- Groupe de travail de la section II sur l'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement β pur au moyen du système de comptage par scintillation liquide

Groupes de travail auxquels il a été mis fin :

- Groupe de travail sur la stratégie (en mai 2012)

- Groupe de travail de la Section I sur la dosimétrie des accélérateurs (en décembre 2013)

- Groupe de travail de la section II sur les systèmes de détection de photons à haut rendement (en juin 2013)

- Groupe de travail de la section II sur la réalisation du becquerel (en octobre 2013)

- Groupe de travail de la section II sur l'instrument de transfert (en octobre 2013)

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s) (2011-2014)	En cours/Projet A	Programmée(s)
Comparaisons clés du CCRI (et comparaisons supplémentaires)	3 (4)	8 (2)	1 radionucléide/an [cycle de 10 ans] 2 comparaisons supplémentaires [2015] : - Incertitudes du ^3H par TDCR [2015] - Grandeurs neutroniques opérationnelles [2015]
Comparaisons du BIPM ¹ (et étalonnages)	59 (81)	12 (3)	3 nouvelles comparaisons en continu : - D_w pour les rayons x aux moyennes énergies [2016] - Instrument de transfert du SIR pour le $^{11}\text{C}/^{64}\text{Cu}$ [2016] - Extension du SIR aux émetteurs beta [2016]
Études pilotes du CCRI	2	3 (extension du SIR, ^{85}Kr , ^{222}Rn)	1 (incidence du bruit de fond du ^{222}Rn sur les mesures du SIR)
CMCs	4 001 CMCs dans 738 catégories de service publiées dans la KCDB		

¹ BIPM.RI(I)-K1 à K8, BIPM.RI(II)-K1, -K4 : comparaisons bilatérales en continu, disponibles sur demande de façon permanente.

Le président de la CGPM remercie M. Louw pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport ne fait l'objet d'aucune question.

37. Rapport du président du CCAUV

M. Usuda, président par intérim du Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), présente son rapport sur les activités du CCAUV depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011). Ce rapport a été rédigé par M. Valdés, précédent président du CCAUV.

Résumé

Le CCAUV couvre les domaines métrologiques liés aux ondes mécaniques, à savoir l'acoustique, les ultrasons, les vibrations et l'acoustique dans l'eau. Les comparaisons permettant de démontrer la comparabilité des aptitudes de mesure dans ces domaines sont parvenues à maturité, si bien que les activités menées au sein du CCAUV ne nécessitent plus de comparaisons clés fréquentes. Le CCAUV a pour spécificité d'effectuer un travail de nature hautement appliquée et d'entretenir des liens étroits avec la communauté de ses parties prenantes. Le processus de planification stratégique suivi par le CCAUV a permis de dégager des axes clairs concernant ses futures activités et de mettre

en lumière l'incidence importante du travail du CCAUV sur de nombreuses questions de santé, l'économie, l'environnement et la sécurité.

Domaine de compétence du CCAUV

La mission du CCAUV est de conseiller le CIPM sur tous les sujets et questions scientifiques qui ont des répercussions sur la métrologie dans le domaine des ondes mécaniques : l'acoustique, les ultrasons, les vibrations et l'acoustique dans l'eau. Le CCAUV identifie et organise les comparaisons clés requises dans ces quatre domaines pour établir la comparabilité mondiale des mesures et leur traçabilité au SI. Par ailleurs, le CCAUV sert de référence et de réseau à la communauté diversifiée de l'acoustique, des ultrasons, des vibrations et de l'acoustique dans l'eau lorsqu'il s'agit de discuter des résultats des derniers travaux de recherche sur des domaines émergents et lorsqu'il s'agit de fixer des objectifs communs et d'établir des collaborations entre les laboratoires nationaux et désignés des États membres ou d'autres organismes pertinents.

Stratégie

En 2012, le CCAUV a procédé à un examen radical de la stratégie qu'il avait élaborée en 2006, ce qui lui a permis d'avoir une image globale des besoins métrologiques actuels et à venir pour les applications de l'acoustique, des ultrasons, des vibrations et de l'acoustique dans l'eau. Étant donné que le BIPM n'a pas d'activité dans ces domaines, la planification stratégique ne concerne que les laboratoires nationaux de métrologie, les laboratoires désignés, et leurs parties prenantes, et il est prévu de la mettre régulièrement à jour. Le CCAUV a reçu des commentaires positifs de la part de laboratoires nationaux de métrologie sur le document de stratégie car ces laboratoires le considèrent comme un document de soutien utile pour planifier leurs activités futures.

Suite à ce processus de planification stratégique, il est apparu évident qu'il ne fallait pas s'attendre dans le futur à une augmentation importante du nombre de comparaisons clés. Les comparaisons permettant de démontrer la comparabilité des aptitudes de mesure dans les domaines de l'acoustique, des ultrasons, des vibrations et de l'acoustique dans l'eau sont parvenues à maturité et ce sont les répétitions de comparaisons qui prévalent désormais. En outre, ces comparaisons clés répétées sont caractérisées par un champ d'application élargi qui couvre des domaines de fréquences plus vastes et qui prend en considération les demandes en constante évolution des utilisateurs.

Afin de pouvoir offrir un travail de la plus haute qualité et efficacité, le CCAUV est assisté par ses trois groupes de travail : le Groupe de travail sur les comparaisons clés s'assure que les résultats de comparaison publiés sont robustes et représentatifs ; le Groupe de travail sur la coordination des organisations régionales de métrologie examine la pertinence des données soumises concernant les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages ; le Groupe de travail sur la stratégie établit la stratégie du CCAUV et suit le développement et l'évolution des domaines scientifiques pertinents. Le CCAUV a identifié qu'il n'y avait aucun besoin ou avantage à réduire le nombre de ses groupes de travail. Néanmoins, les Groupes de travail sur la stratégie et sur les comparaisons clés ont des questions en commun, de sorte que des réunions communes seront organisées.

Le CCAUV est le Comité consultatif qui a été créé le plus récemment. Fort désormais de 15 années d'expérience, il est en mesure de pousser plus avant sa stratégie par une analyse minutieuse des actions qu'il a menées dans le cadre du CIPM MRA.

Le document de stratégie publié par le CCAUV présente une étude détaillée de chacune de ses disciplines. Afin d'apporter une perspective différente, la section « Perspectives à court terme et à long terme » du rapport du CCAUV résume brièvement les besoins et l'impact du travail du CCAUV dans un certain nombre de secteurs significatifs.

Activités et réalisations depuis la précédente réunion de la CGPM

Le CCAUV s'est réuni deux fois depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011). Tel que recommandé en 2012 par le Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM, les présidents des comités techniques des organisations régionales de métrologie ont été invités aux réunions du CCAUV, ainsi qu'aux réunions des Groupes de travail sur la stratégie et sur les comparaisons clés. Après chaque réunion, les actions et décisions ont été identifiées et publiées sur les pages internet du CCAUV afin qu'un résumé de la réunion soit rapidement disponible avant la publication de son rapport complet. Une simplification de la façon de rendre compte des degrés d'équivalence a été adoptée, ce qui permet un gain de temps aux laboratoires rédigeant le rapport de comparaison. Un Groupe de travail sur les comparaisons clés a été établi et a contribué à clarifier d'importantes questions devant être résolues avant de pouvoir effectuer une comparaison clé et à améliorer la qualité des rapports publiés. Une newsletter mensuelle sur les activités du CCAUV est envoyée à tous les participants du CCAUV.

Principales activités

Le CCAUV se réunit tous les deux ans. Les métrologistes dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons, des vibrations et de l'acoustique dans l'eau représentent une communauté diversifiée et géographiquement disséminée. Ainsi, la réunion du CCAUV ne concerne pas seulement la collaboration en matière de comparaisons : elle constitue aussi un point central où les participants individuels peuvent décrire leurs travaux de recherche les plus récents et rendre compte des progrès effectués dans des domaines pertinents, créer et maintenir des contacts avec d'autres experts, et discuter des questions en cours.

Le CCAUV entretient des liens avec ses parties prenantes, par l'intermédiaire de ses représentants, en participant à plusieurs comités techniques de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et de la Commission électrotechnique internationale (IEC).

Le laboratoire national de métrologie kényan, le Kenyan Bureau of Standards (KEBS), est devenu observateur du CCAUV en 2014.

Défis et difficultés

Contrairement à de nombreux autres Comités consultatifs, le CCAUV n'entretient pas d'unité de base du SI mais utilise des unités dérivées (composées de plusieurs unités de base) ou l'unité sans dimension bien connue qu'est le *décibel*. Ainsi, il est nécessaire dans les domaines de l'acoustique, des ultrasons, des vibrations et de l'acoustique dans l'eau de fournir des mesures traçables pour une large gamme d'unités. Toutefois, le travail du CCAUV se concentre sur la réalisation des mesures de pression acoustique exprimées dans l'unité SI, le pascal, qui est déjà largement utilisée dans le domaine des ultrasons.

Les comparaisons menées pour établir la traçabilité sont effectuées en faisant circuler entre les participants des étalons voyageurs, tels que des microphones, des hydrophones ou des capteurs. Cette façon de procéder qui est inévitable dans les domaines de l'acoustique, des ultrasons, des vibrations et de l'acoustique dans l'eau est souvent chronophage, puisqu'un participant doit attendre que le précédent ait terminé sa comparaison, et que la conservation de la qualité des artefacts affecte de façon critique les résultats de la comparaison globale. Malheureusement, des problèmes de transport ont régulièrement lieu et ils sont souvent exacerbés par les procédures de douane nationales, ce qui peut compromettre l'état des instruments fragiles et sensibles impliqués dans la comparaison.

Les défis techniques et scientifiques du CCAUV sont présentés ci-après.

Perspectives à court terme et à long terme

Santé

L'audition est l'un de nos sens les plus fondamentaux et toute perte peut entraîner une dégradation notable de la qualité de vie. C'est pourquoi des programmes de santé nationaux investissent massivement dans le diagnostic en mettant en place des programmes de dépistage des troubles auditifs et de la rééducation à l'aide d'appareils auditifs.

Dans de nombreux pays, les programmes de dépistage de la surdité chez les nouveau-nés permettent aujourd'hui le diagnostic et le traitement précoces des troubles de l'audition. Toutefois, la métrologie qui étaye le dépistage des troubles auditifs n'a pas évolué avec les pratiques modernes de l'audiologie qui tendent vers des méthodes objectives telles que l'*oto-émission acoustique* (son généré par l'oreille interne) et le *potentiel évoqué auditif du tronc cérébral* (activité électrique mesurable du cerveau indiquant l'audition), pour lesquelles des ressources sont requises.

De nouvelles méthodes d'étalonnage traçables aux étalons nationaux, ainsi que des méthodes améliorées pour déterminer des valeurs de référence pour l'oreille, sont nécessaires pour fixer les seuils auditifs. En outre, les travaux en science générique visant à mieux comprendre et modéliser le processus auditif humain, en particulier en ce qui concerne la perte de cellules ciliées due à des sons de très haute fréquence ainsi que le mécanisme de conduction osseuse, doivent être poursuivis.

Thérapie et diagnostics : Les ultrasons sont devenus l'un des outils de diagnostic les plus fréquemment utilisés en médecine. On compte dans le monde entier 250 000 instruments de diagnostic à ultrasons et 250 millions d'examen effectués chaque année. Les applications de diagnostic où la sécurité est une question sensible seront un moteur pour continuer à développer des outils métrologiques et des modèles de prédiction améliorés. Ces quinze dernières années ont, en particulier, été marquées par une augmentation spectaculaire de la qualité et de la complexité des applications médicales de dépistage précoce du cancer par des méthodes d'imagerie ultrasonore sophistiquées qui s'avèrent prometteuses.

De nouvelles applications thérapeutiques des ultrasons continueront à faire leur apparition, permettant de mettre en œuvre les concepts d'administration de médicaments fondés sur les ultrasons de haute intensité ou la cavitation. L'exploitation du potentiel clinique de telles méthodes requiert le développement de la métrologie, à la fois pour les grandeurs existantes et pour celles qui émergent. Afin de libérer le potentiel des ultrasons thérapeutiques et mieux évaluer la sécurité des applications de diagnostic, la métrologie joue un rôle essentiel dans le développement et la validation des méthodes servant à déterminer la *dose d'ultrasons* requise, ce qui étaye la planification des traitements et l'analyse des risques.

Pour les fabricants, la technique des micro-bulles associées à des substances thérapeutiques va stimuler au cours des cinq à dix prochaines années l'utilisation clinique de la prochaine vague de technologies à ultrasons. Ainsi, les vecteurs d'administration de gènes ou de médicaments par micro-bulles utilisés pour des thérapies contre le cancer ou la maladie d'Alzheimer laissent prévoir des progrès significatifs dans les traitements.

Les facteurs clés de l'évaluation de la sécurité des applications médicales des ultrasons reposent sur des méthodes d'estimation *in vivo* des niveaux ultrasonores et de ses implications en termes de bio-effets. Les mesures dans ce domaine vont certainement avoir de plus en plus d'applications, notamment en ce qui concerne l'évaluation des solutions de protéines ou celle des nanoparticules.

Environnement

Les techniques d'acoustique dans l'eau sont des méthodes de choix pour la plupart des applications maritimes qui ont recours à l'imagerie et la communication à distance, ainsi que la cartographie en mer, les techniques fondées sur des ondes électromagnétiques étant limitées en raison du haut niveau d'absorption dans l'eau.

La pollution sonore marine, générée par les cargos et par l'activité industrielle en milieu marin, telle celle associée aux plateformes pétrolières et gazières ou celle liée à l'installation d'éoliennes, doit être surveillée à l'aide de techniques d'acoustique dans l'eau. Les mesures en eau profonde ont montré que le bruit marin double chaque décennie. Une législation plus restrictive concernant l'évaluation et la réduction de l'exposition de la vie marine à la pollution sonore est l'une des clés dans ce domaine ; des législations régionales sont déjà en place.

Les techniques de mesure acoustique absolue pourraient permettre de surveiller les fuites de dioxyde de carbone pour les applications de piégeage et de stockage du carbone. Il est possible d'effectuer des mesures tridimensionnelles des courants océaniques et de la température, ce qui permet d'obtenir d'importants indicateurs sur le changement climatique. D'autres indicateurs, concernant notamment l'acidification ou le suintement de méthane, pourraient également être contrôlés.

Les études en eau profonde utilisent de plus en plus des véhicules sous-marins autonomes qui reposent, dans une large mesure, sur des systèmes acoustiques. En eau peu profonde, les techniques acoustiques sont utilisées pour étudier les processus de transport de sédiments qui sont un facteur important pour évaluer l'érosion des côtes.

Industrie et technologie

Les capteurs, ainsi que les instruments utilisés pour en extraire des résultats probants, étayent toutes les mesures acoustiques, depuis la réalisation et la dissémination de l'étalon primaire jusqu'à l'évaluation de l'audition, les mesures du bruit ou la description de la qualité sonore. Dans de nombreux cas, l'innovation en matière de capteurs et instruments peut constituer un moteur du développement de l'instrumentation acoustique. Ainsi, le potentiel d'exploitation des synergies en partenariat avec le secteur des produits de consommation, où la demande en microphones dépasse désormais deux milliards d'unités chaque année, est immense. Du fait de la prolifération des capteurs peu onéreux, il est désormais possible de gérer activement les performances acoustiques de produits sophistiqués et d'opérations sans fil, intelligentes et autonomes. Par exemple, le contrôle de l'état de machines, véhicules, infrastructures ferroviaires et même d'appareils domestiques pourrait être mis en place afin de maintenir les performances acoustiques inhérentes aux produits, en optimisant leur efficacité opérationnelle ou simplement en surveillant le niveau de bruit produit. Ces applications requièrent de nouvelles techniques métrologiques telles que l'auto-étalonnage à distance de capteurs et de réseaux de capteurs, la reconnaissance acoustique de signature et la prise de décision fondée sur des paramètres multiples.

Les performances acoustiques des produits deviennent de plus en plus une valeur ajoutée distincte, ce qui est notamment le cas pour les voitures de luxe, les ordinateurs portables et les produits domestiques tels que les aspirateurs, ventilateurs, machines à laver ou tondeuses à gazon. Le premier élément de mesure pris en considération était le niveau de puissance acoustique du produit mais l'approche de l'acoustique a évolué et c'est désormais la qualité *perçue* du produit qui devient de plus en plus importante. De telles applications sont encore inhabituelles et créent une demande concernant d'autres éléments de mesure liés à la perception.

Les applications industrielles des ultrasons sont extensives car les ultrasons sont couramment utilisés comme un moyen d'apporter des changements macroscopiques dans les matériaux, que ce soit en plein cœur des matériaux ou à leur surface. Le nettoyage par ultrasons est l'application la plus répandue dans l'industrie, notamment pour les instruments chirurgicaux et dentaires. Il est nécessaire de développer des méthodes de mesure à large bande permettant de corriger les non-uniformités spatiales des distributions de champ acoustique et de contribuer à mieux en comprendre les facteurs d'influence. Cela permettra de mettre en place d'autres applications des ultrasons de haute puissance de façon économiquement viable pour une large gamme de secteurs techniques de l'industrie tels que l'alimentation (contrôle de la cristallisation, pasteurisation), de la pharmacie (contrôle de la taille des particules) et de la production de biocarburants.

Les domaines d'application des mesures des vibrations, tels que l'automobile, l'aérospatiale et les essais, n'ont pas fondamentalement changé au cours de la décennie passée. Toutefois, les parties prenantes ne cessent d'avoir de nouvelles exigences : ainsi, de nouvelles demandes en matière de mesures de vibrations angulaires (sécurité automobile) et de mesures de l'accélération au cours d'un choc sur un domaine étendu devraient faire leur apparition.

L'activité métrologique émergente concernant la mesure dynamique des grandeurs mécaniques, telles que la force et le couple, a révélé un domaine totalement nouveau où l'accélération linéaire et l'accélération angulaire deviennent des grandeurs fondamentales pour la traçabilité des grandeurs dérivées. L'un des secteurs les plus connus est celui des crash-tests automobiles pour lequel les mesures dynamiques sont fondamentales. Malgré l'existence d'étalons internationaux largement acceptés, les résultats ne sont pas, dans de nombreux cas, strictement comparables en raison de l'absence d'étalonnages adéquats et d'un manque de connaissances approfondies de la métrologie dynamique. L'infrastructure métrologique actuellement en place pour les grandeurs mécaniques dynamiques, à savoir les vibrations et les chocs, accuse un retard important par rapport à l'infrastructure établie pour les mesures de l'accélération. L'atelier du BIPM sur les défis en métrologie pour les mesures dynamiques, qui s'est tenu les 15 et 16 novembre 2012, est parvenu à la conclusion qu'une collaboration avec d'autres Comités consultatifs serait un atout dans l'harmonisation de la terminologie et de l'estimation de l'incertitude.

Le secteur industriel important de l'acoustique dans l'eau soutient les applications offshore. Dans le domaine du pétrole et du gaz, la tendance nette est de travailler en eau plus profonde car les eaux peu profondes des côtes sont déjà fortement exploitées. Cela pose de nouveaux défis concernant les systèmes acoustiques nécessaires pour travailler à de plus grandes profondeurs et sur des domaines plus étendus. Les hydrophones et les matériaux doivent en particulier avoir des performances acoustiques cohérentes dans un vaste domaine de températures et de profondeurs de l'eau.

Société et sécurité

Le bruit produit par diverses sources telles que les transports (routiers, ferroviaires, aériens), les usines industrielles et les fermes éoliennes, le voisinage, les événements sportifs et de divertissement, nuit à l'environnement et à la qualité de la vie. De nombreuses directives décrites dans les réglementations nationales et régionales sur le bruit sont répétées tous les cinq ans afin de pouvoir améliorer en

permanence les seuils prescrits. L'une des critiques à ce sujet est que les résultats obtenus ne concordent pas avec les niveaux de bruit expérimentés en un endroit donné à quelque moment que ce soit. Une autre critique est que les directives ne reposent que sur des prévisions sans qu'il soit exigé qu'elles soient validées par des mesures effectives. Cela est dû aux coûts liés à l'utilisation des technologies existantes. Le développement de nouvelles techniques métrologiques de mesure du bruit largement distribuées et économiques sont requises pour pallier ce manque.

Les exigences en matière de traçabilité et de reconnaissance mutuelle des résultats de mesures sont nécessaires à la sécurité des travailleurs. La réponse humaine aux vibrations mécaniques, domaine dans lequel le concept de dose est appliqué, constitue un problème et l'audition est couramment mise en danger du fait d'une exposition excessive au bruit produit par l'homme. Les actions visant à réduire ces risques requièrent d'importantes dépenses chaque année. L'évaluation à grande échelle de l'exposition au bruit des travailleurs ou des individus nécessitera de développer de nouvelles approches et des instruments innovants.

Les transducteurs de vibrations à basse fréquence sont très utilisés pour surveiller les tremblements de terre. La demande de systèmes de surveillance des tremblements de terre s'est accrue suite à un certain nombre d'incidents majeurs. Des capteurs spéciaux assurent la traçabilité de milliers de sismomètres et de centaines de stations d'observation du Réseau sismographique mondial (Global Seismographic Network ou GSN) qui alerte immédiatement la population, ce qui requiert des étalonnages à des fréquences très basses.

La technologie de l'acoustique dans l'eau est utilisée pour protéger les ports des mines et d'éventuelles menaces terroristes.

Données sur le CCAUV

CCAUV établi en 1998

Président : J. Valdés

Secrétaire exécutive : S. Picard

Composition :

17 membres et 15 observateurs

Réunions depuis la 24^e réunion de la

13-14 juin 2012 / 29-31 octobre 2013

CGPM :

3 groupes de travail :

- Comparaisons clés
- Coordination des organisations régionales de métrologie
- Stratégie

Activité en matière de comparaisons	Terminée(s)	En cours	Programmée(s) [2015-2018]
Comparaisons clés du CCAUV (et comparaisons supplémentaires)	13	3	4
Comparaisons du BIPM	0	0	0
Études pilotes du CCAUV	1	0	3
CMCs	1 084 CMCs dans 51 catégories de service publiées dans la KCDB		

Le président de la CGPM remercie M. Usuda pour son rapport et demande s'il y a des questions. Le rapport ne fait l'objet d'aucune question.

38. Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (Projet de résolution E)

M. Steele (Canada) présente le Projet de résolution E « Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM » en soulignant que le CIPM MRA est l'un des succès les plus importants de la communauté de la métrologie. Il précise qu'il est membre du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB), l'organe administratif supervisant la coordination du CIPM MRA au sein des organisations régionales de métrologie. Selon M. Steele, le produit de la métrologie est la confiance, la fiabilité et la traçabilité des mesures ; il rappelle que les présentations faites au cours de la réunion de la CGPM ont fait référence aux réglementations, accords commerciaux et mesures de sécurité fondés sur des preuves : l'élément de preuve dans tous ces domaines est la mesure. La métrologie est la base de cette infrastructure dans une société technologique. Reconnaître de façon mutuelle la compétence et les aptitudes de l'autre est au cœur de la transparence, de l'interopérabilité et du commerce. Le CIPM MRA vise à assurer la reconnaissance mutuelle des étalons de mesure nationaux et des certificats de mesure et d'étalonnage émis par les laboratoires nationaux offrant ces services. C'est un document fondamental qui ouvre la voie à l'infrastructure nationale de la qualité qui comprend également les accréditeurs (tels que l'ILAC) et les rédacteurs de normes (tels que l'ISO). La mise en œuvre du CIPM MRA repose sur le SI et sur des méthodes reconnues. Le CIPM MRA a été signé à l'origine le 14 octobre 1999 par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et a, depuis cette date, pris de l'ampleur. Ce développement est l'un des succès du CIPM MRA qui couvre désormais la plupart du monde avec des signataires provenant de 53 États Membres, 39 Associés et 4 organisations internationales ; 152 laboratoires désignés participent également au CIPM MRA.

Le CIPM MRA a évolué de façon continue au cours des 15 dernières années. Au 20 novembre 2014, on comptait 888 comparaisons clés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB), 410 comparaisons supplémentaires et 25 000 CMCs publiées dans dix catégories et couvrant les cinq organisations régionales de métrologie. Maintenir la KCDB requiert une charge de travail significative au BIPM et les informations sont disponibles sur un site internet géré par le BIPM. La préparation de l'examen du CIPM MRA et de l'organisation d'un atelier consacré à ce sujet a commencé lors de la réunion du JCRB de mars 2014. L'examen du CIPM MRA portera notamment sur les défis et les conséquences de son succès. M. Steele note que bien que le CIPM MRA puisse être considéré comme une « activité administrative », des progrès scientifiques ont découlé de sa mise en œuvre. Le cœur du CIPM MRA demeure la science de la mesure.

On compte cinq organisations régionales de métrologie : l'European Association of National Metrology Institutes (EURAMET), l'Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions (COOMET), l'Asia Pacific Metrology Programme (APMP), le Système de métrologie intra-africain (AFRIMETS) et le Système interaméricain de métrologie (SIM). Ces organisations régionales ont tiré avantage de leur participation au CIPM MRA par une étroite collaboration scientifique et administrative. Le CIPM MRA a permis aux métrologistes d'aller au-delà de la simple coopération et le fruit de leur travail se répand et s'amplifie. Par ailleurs, la communauté extérieure de l'infrastructure de la qualité (qui comprend l'ILAC pour l'accréditation, l'OIML pour la métrologie légale et l'ISO pour l'élaboration de normes) dépend, d'un point de vue métrologique, de ce qui est fait, publié et partagé dans la KCDB. Des personnes en dehors de la communauté de la métrologie commencent à comprendre l'importance des mesures comme élément fondamental de leur travail. Cela résulte de l'ouverture de la communauté de la métrologie à un monde plus vaste, par le biais du CIPM MRA. Un impact important du CIPM MRA a donc été de mieux faire connaître la métrologie.

Au niveau des régions, la communauté internationale de la métrologie est en train de prendre de l'ampleur, en particulier en raison de l'implication des laboratoires des Associés. Cela aide le BIPM à remplir sa mission qui est d'assurer la comparabilité mondiale des mesures.

Le CIPM MRA a été un grand succès mais il en devient victime. La KCDB est devenue trop large et détaillée et constitue un système très exigeant qui prouve avec quelle efficacité la communauté de la métrologie peut fonctionner. Il est désormais temps d'analyser si les futurs efforts et investissements requis pour maintenir un si bon produit doivent être aussi importants, coûteux et chronophages que les efforts qui ont été nécessaires pour parvenir à ce point, et de comprendre ce que rationaliser pour davantage d'efficacité pourrait signifier.

M. Steele présente le Projet de résolution E dont le texte est disponible dans la *Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion)* (voir Annexe A). Il précise que le Projet de résolution E a été élaboré en tenant compte du fait qu'un atelier se tiendra en octobre 2015 afin d'engager une discussion approfondie sur ce qui fonctionne correctement et sur ce qu'il est nécessaire d'améliorer concernant la mise en œuvre du CIPM MRA. Un examen du CIPM MRA sera ensuite conduit conformément au Projet de résolution E.

Le président de la CGPM remercie M. Steele pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. Bock (Suisse) indique que l'une des diapositives de la présentation de M. Steele contient une erreur. Il souligne que les signataires du CIPM MRA ne sont pas les États Membres mais les laboratoires nationaux de métrologie. Il note qu'il est important de faire cette distinction car les délégués à la CGPM, qui est une conférence diplomatique, sont des représentants de leur gouvernement et non des laboratoires nationaux. Cette distinction pose la question de savoir pourquoi il est demandé aux délégués de la CGPM, qui ne sont pas signataires du CIPM MRA, de voter une résolution à ce sujet. Bien que certains délégués soient des représentants de laboratoires nationaux, ce n'est pas le cas de tous. Il ne devrait être demandé à la CGPM de soutenir le Projet de résolution E que si le CIPM MRA devait être intégré à la Convention du Mètre mais cela requerrait une autre procédure. M. Bock précise que cela ne signifie pas qu'il ne soutient pas l'initiative d'examiner le CIPM MRA. Des changements sont nécessaires. Lors d'une réunion des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en 2012, les représentants de la PTB et du NIST ont fait une présentation commune sur les modifications qui devraient être envisagées. M. Bock se dit déçu de ce qui a été fait en la matière par rapport à ce que le JCRB aurait pu faire. Par ailleurs, il n'est pas satisfait de l'actuelle formulation du Projet de résolution E qui ne mentionne pas les organisations régionales de métrologie alors qu'il est fondamental qu'elles soient intégrées au processus d'examen. S'il faut que le JCRB soit encouragé pour entreprendre l'examen, il serait nécessaire de donner une orientation claire à cet examen et de lui fixer une date d'achèvement.

M. Steele répond que le CIPM MRA est un « instrument du traité » qui permet d'accomplir la mission du BIPM et de garder l'esprit collectif de construction de l'uniformité mondiale des mesures. Le domaine le plus important de croissance a été celui de la signature du CIPM MRA par les laboratoires des États et entités économiques associés. Le JCRB n'a pas signalé tous les progrès qu'il a effectués concernant l'examen des procédures et des mécanismes à partir desquels il fournit des résultats de mesure fiables pour enregistrement dans la KCDB. Toutefois, un examen exhaustif a déjà commencé pour rationaliser le processus. Chacun des Comités consultatifs, responsables de l'examen technique interrégional des CMCs, a été invité à examiner ses pratiques, à considérer les possibilités de rationalisation puis à partager ses conclusions. Cela a notamment été discuté lors d'un atelier sur les meilleures pratiques en matière d'examen des CMCs qui s'est tenu au siège du BIPM en mars 2013. Le JCRB a également mis en œuvre plusieurs mécanismes afin de simplifier le processus d'examen, notamment en rédigeant des documents d'orientation plus clairs. M. Steele note que même

si les organisations régionales de métrologie ne sont pas explicitement mentionnées dans le Projet de résolution E, elles ont bien été prises en considération puisqu'il est fait référence au JCRB. Il indique par ailleurs que les Associés sont impliqués et engagés dans le travail du CIPM MRA par l'intermédiaire des organisations régionales de métrologie. Les organisations régionales de métrologie sont les éléments moteurs du succès du CIPM MRA. Concernant le calendrier de l'examen du CIPM MRA, l'atelier prévu en octobre 2015 lancera le processus.

Mme Weritz (Allemagne) observe que lorsque le BIPM a été créé en 1875, il n'y avait pas d'organisations régionales de métrologie. Elles ont à présent un rôle bien défini dans l'infrastructure métrologique. Elle suggère d'effectuer un examen de la relation entre le BIPM et les organisations régionales de métrologie en s'attachant à la stratégie, plutôt qu'à l'aspect opérationnel car ce dernier est géré par le CIPM MRA. M. Steele répond que les présidents de toutes les organisations régionales de métrologie souhaitent continuer à renforcer le rôle des organisations régionales dans le contexte plus vaste de la Convention du mètre. Les organisations régionales de métrologie ne peuvent pas signer la Convention du Mètre mais il existe d'autres voies à explorer pour qu'elles aient des interactions et un rôle plus officiels. Il ajoute que ce point sera discuté lors de la prochaine réunion du JCRB et lors de l'atelier en octobre 2015.

M. May indique que le Projet de résolution E a été rédigé par le CIPM et qu'il est présenté par M. Steele au nom du CIPM. Il rappelle que c'est la PTB et le NIST qui ont, à l'origine, requis un examen du CIPM MRA. Le CIPM s'est engagé à traiter la question du CIPM MRA lors de la réunion des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en octobre 2015. M. Steele ajoute que le ton et l'approche du Projet de résolution E visent à transmettre un message positif, à savoir qu'un travail conséquent a été effectué pour rationaliser le CIPM MRA, mais que beaucoup reste à faire. Cette approche a été soumise à une large consultation, le BIPM et toutes les régions ayant été impliqués dans l'élaboration du Projet de résolution E. L'interaction est très forte et les mécanismes suivis par le BIPM et les organisations régionales de métrologie pour se rencontrer et discuter sont dynamiques. Bien que les défis soient différents selon les régions, ils seront tous pris en considération. Les conclusions de l'examen du CIPM MRA, en particulier une réduction des efforts et des dépenses requises pour le maintenir, seront mises en place lors des 15 prochaines années d'existence du CIPM MRA.

Le président de la CGPM remercie M. Steele pour sa présentation.

39. Présentation de la procédure de scrutin pour l'élection du CIPM

Mme Weritz (Allemagne) présente, au nom du Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM, la procédure de scrutin pour l'élection du CIPM. Elle rappelle que M. May a fait une présentation sur la nouvelle procédure proposée (voir section 30) et précise qu'elle est membre à la fois du Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM et du Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM. Elle observe que les États Membres ont exprimé un vif intérêt à être davantage impliqués dans les élections du CIPM. La CGPM existe seulement lorsque les délégués se réunissent, c'est pourquoi il est proposé d'établir une Commission pour l'élection du CIPM qui assurerait la transition entre les réunions de la CGPM : de cette façon, les États Membres seraient impliqués dans le cas d'élections

provisoires et en amont des réunions de la CGPM dans un délai convenable. Il a été demandé lors de la CGPM à sa 24^e réunion que soit introduite une nouvelle procédure d'élection aussi rapidement que possible. Une procédure transitoire d'élection a été élaborée et discutée lors de la réunion des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en octobre 2013. Il a été suggéré que le Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM assure la fonction de la Commission pour l'élection du CIPM de manière transitoire. Il est à présent demandé à la CGPM de mettre en place la Commission pour l'élection du CIPM.

Mme Weritz rappelle que M. May a présenté les actions prises pour préparer une liste de candidats conformément à la nouvelle procédure et aux nouveaux critères. Un premier appel à candidats a été envoyé en janvier 2014 puis un second en avril 2014. Ces appels ont permis d'obtenir 23 candidatures. Le CIPM a examiné les candidatures par rapport aux critères et, fin septembre 2014, la liste complète des candidats et leur dossier de candidature ont été transmis aux membres du Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM. Le CIPM a également fait une recommandation concernant le groupe de candidats qui disposerait de façon optimale des compétences requises pour accomplir le travail du CIPM. Une discussion entre le CIPM et le Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM a conduit à quelques changements. Fin octobre 2014, la liste recommandée à la fois par le CIPM et par le Groupe de travail *ad hoc*, ainsi que les documents de tous les autres candidats, ont été circulés aux États Membres. Le fait que les candidats qui ne figurent pas sur la liste recommandée n'ont pas retiré leur candidature est un élément positif. Cela permet aux délégués de la CGPM d'avoir le choix lors de l'élection et il devient nécessaire pour le CIPM et la Commission pour l'élection du CIPM de disposer d'une liste de candidats en cas d'élections provisoires.

Étant donné que tous les membres du CIPM ont démissionné de leurs fonctions, une élection pour les 18 sièges est organisée. Cela était un prérequis pour introduire un mandat fixe renouvelable pour les membres du CIPM. Auparavant, la CGPM votait pour renouveler la moitié du CIPM uniquement.

La liste proposée de 18 candidats représente toutes les régions ainsi que des pays à contributions maximales et minimales. Les 18 candidats possèdent une gamme de compétences couvrant toutes les disciplines scientifiques requises. Il est attendu que tout membre du CIPM qui est actuellement président d'un Comité consultatif et qui serait de nouveau élu continue à assumer ces fonctions. Le CIPM élira de nouveaux présidents de Comités consultatifs pour les postes devenant vacants ; cela s'applique également à toute vacance pour les Sous-Comités et Groupes de travail *ad hoc* du CIPM. Les 18 candidats proposés pour le CIPM disposent, collectivement, de toutes les connaissances requises en matière de politique et de gestion. Le CIPM nouvellement élu procédera à l'élection de son président, de son secrétaire et de ses vice-présidents lors de sa première réunion en mars 2015. La continuité en termes de politique, de direction et de supervision est assurée entre les 18 candidats.

Mme Weritz souligne que la liste recommandée associe des candidats ayant déjà l'expérience du CIPM et de nouveaux candidats : six candidats ont déjà siégé au CIPM, cinq ont été élus de façon provisoire à un siège du CIPM et sept sont de nouveaux candidats. Il est indiqué pour chaque candidat recommandé de quelle organisation régionale de métrologie il provient : sept candidats viennent de l'EURAMET, quatre de SIM, un de COOMET, cinq de l'APMP et un de l'AFRIMETS. Mme Weritz note que le vote aura lieu au cours de la sixième séance.

Le président de la CGPM remercie Mme Weritz pour sa présentation et ouvre la discussion.

M. Steele (Canada) félicite le Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM, le Groupe de travail

ad hoc du CIPM sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM ainsi que son président, et le CIPM pour le changement majeur apporté en matière de transparence et de gouvernance. Il note que ce changement est le bienvenu et accueilli favorablement, en particulier, la création d'un mécanisme permettant aux États Membres de participer activement au processus d'élection, notamment entre les réunions de la CGPM et lors de la préparation de la convocation officielle : cela représente un remarquable pas en avant. Il poursuit en précisant qu'il est tout aussi important de reconnaître le haut niveau d'implication du CIPM, de féliciter les membres du CIPM qui ont servi le CIPM jusqu'à ce jour et de souhaiter, au nom de tous les États Membres, le meilleur à ceux qui souhaitent assumer ces responsabilités.

Il n'y a pas d'autres questions ou commentaires.

Avant la clôture de la cinquième séance, M. Kaarls, en qualité de secrétaire de la CGPM, rappelle que tout autre amendement aux projets de résolution doit être soumis avant la pause pour qu'il puisse être pris en considération. Il note que la sixième séance commencera par l'approbation du texte des projets de résolution et que le vote n'interviendra qu'une fois cette procédure effectuée. La sixième séance comprendra deux élections : celle du CIPM et celle de la Commission pour l'élection du CIPM.

Le président de la CGPM clôt la cinquième séance.

Sixième séance – 20 novembre 2014 (après-midi)

Le président de la CGPM souhaite la bienvenue aux délégués pour la sixième séance, le jeudi 20 novembre, et passe la parole au secrétaire de la CGPM. Le secrétaire observe que 45 États Membres⁵ sont présents et autorisés à voter, de sorte qu'une majorité absolue de 23 est requise pour l'approbation des projets de résolution. Cela ne s'applique pas au Projet de résolution D « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019 » qui doit être adopté sans vote contre. Il suggère que toute correction proposée concernant les projets de résolution soit effectuée en direct à l'écran au cours de la séance. Le secrétaire rappelle que la version française de chaque résolution est celle faisant autorité.

40. Autres résolutions soumises par les délégués

Le secrétaire de la CGPM demande aux délégués s'ils ont des propositions à soumettre. Aucune proposition n'est soumise.

⁵ La délégation iranienne n'était pas présente lors de la sixième séance.

41. Accord sur les textes définitifs et vote des résolutions

Les projets de résolution figurent dans la *Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion)* (voir Annexe A).

Projet de résolution A « Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI »

M. Milton donne lecture du Projet de résolution A qui comprend des changements mineurs qui ont été soumis depuis la publication de la Convocation.

Le Projet de résolution A ne fait l'objet d'aucun autre commentaire ou changement concernant le texte anglais ou français. Le Projet de résolution A est adopté à l'unanimité comme Résolution 1 « Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI ».

Projet de résolution B « Sur l'élection du Comité international des poids et mesures »

M. Milton donne lecture du Projet de résolution B révisé.

M. Steele (Canada) note que l'ajout de l'expression « un par État Membre » concernant la composition de la Commission pour l'élection du CIPM pourrait porter à confusion ; si la Commission devait être composée d'un membre par État Membre, elle serait constituée de 56 membres. Il suggère de changer cette expression par « neuf représentants issus d'États Membres différents ». Après une brève discussion, la phrase est reformulée comme suit : « [La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion, décide] que la Commission pour l'élection du CIPM sera composée de neuf représentants d'États Membres, chacun provenant d'un État Membre différent [...] ».

Le secrétaire de la CGPM demande s'il y a des objections concernant le Projet de résolution B ou des abstentions. La République tchèque vote contre.

Le Projet de résolution B est adopté comme Résolution 2 « Sur l'élection du Comité international des poids et mesures ».

Projet de résolution C « Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM »

M. Milton donne lecture du Projet de résolution C.

M. Steele (Canada) indique que le Projet de résolution C devrait comprendre une formulation reconnaissant les efforts significatifs effectués par le Sous-comité du CIPM sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie, ainsi que l'analyse conduite depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011). Il souligne le travail considérable accompli par M. Bock concernant l'analyse effectuée et l'expertise qu'il a apportée.

M. Pirée (Belgique) note une discordance entre le texte français et celui anglais concernant les références au BIPM et au CIPM. Cette erreur typographique est corrigée.

Le Projet de résolution C ne fait l'objet d'aucun autre commentaire ou changement concernant le texte anglais ou français. Le Projet de résolution C est adopté à l'unanimité comme Résolution 3 « Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM ».

Projet de résolution D « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019 »

M. Milton donne lecture du Projet de résolution D.

M. Brown (États-Unis d'Amérique) observe que le Projet de résolution D propose que la dotation soit augmentée. Il rappelle qu'il a été convenu par le Groupe de travail sur la dotation du BIPM que la dotation ne serait pas augmentée au cours de la prochaine période de quatre ans : le texte devrait être modifié en conséquence. Il propose la modification suivante : « [La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion, décide que] la dotation annuelle du BIPM, telle que définie à l'article 6, 1921, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, sera **fixée** de façon à ce qu'elle corresponde, pour les États Parties à la Convention du Mètre au moment de la 25^e réunion de la CGPM, à : [...] ».

M. Holmes (Royaume-Uni) observe qu'au cours de la discussion du Groupe de travail sur la dotation du BIPM, il a été clairement précisé que certaines des organisations qui pourraient soutenir le Programme de visiteurs le feraient par des voies autres que financières. Il suggère que cela soit pris en considération dans le Projet de résolution en supprimant la référence à un « soutien financier ». M. Milton soutient cette proposition car l'expression « soutien volontaire supplémentaire de toute sorte » englobe également tout soutien financier qui pourrait être apporté. La phrase en question est révisée en conséquence.

Le secrétaire de la CGPM demande s'il y a d'autres commentaires concernant le texte français ou anglais. Ce n'est pas le cas. Il introduit la procédure de vote concernant le Projet de résolution D.

M. Bock (Suisse) souhaite faire au préalable la déclaration suivante : « Merci Monsieur le Président, permettez-moi de faire une déclaration et je prie le BIPM d'inclure notre remarque dans le procès-verbal. Permettez-moi au nom de la délégation suisse de donner quelques explications concernant notre intention de nous abstenir lors du vote final au sujet de la Résolution D sur la dotation. Il est important pour la Suisse que toutes les tâches jugées prioritaires et importantes et ainsi attribuées au BIPM soient financées par l'ensemble des États Membres. Un grand nombre d'États Membres, comme la Suisse, ont exprimé un avis très positif sur le Programme de visiteurs proposé. Malgré ce soutien, il n'a pas été possible de l'intégrer dans la dotation. Le soutien durable de ce programme n'est ainsi pas garanti. C'est la raison pour laquelle la Confédération suisse ne peut pas soutenir la dotation et s'abstiendra lors du vote. La Suisse salue néanmoins tous les efforts et la bonne volonté de certains États Membres en vue de trouver les moyens de financer les activités du BIPM qui présentent un intérêt particulier et pour lesquels les coûts seraient partagés. L'Institut national de métrologie de la Suisse fera son possible pour contribuer à ces efforts. »

Le secrétaire de la CGPM rappelle que le Projet de résolution D doit être adopté sans vote contre. Avant que le vote officiel ne commence, il demande si des délégations ont l'intention de voter contre : aucun État Membre n'indique avoir l'intention de voter contre. Le secrétaire procède au vote par appel nominal des États Membres ayant pouvoir de voter.

Le Projet de résolution D est adopté comme Résolution 4 « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019 » avec quatre abstentions (Argentine, Autriche, Portugal et Suisse).

Projet de résolution E « Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM »

M. Milton donne lecture du Projet de résolution E.

Il s'ensuit une discussion sur le fait de savoir si les organisations régionales de métrologie devraient être explicitement mentionnées dans le projet de résolution E (voir section 38) avec des commentaires de la Suisse, des Pays-Bas, du Canada, de l'Allemagne, de l'Uruguay, de la Belgique et de l'Espagne. La mention des organisations régionales de métrologie fait consensus et M. Milton propose de modifier le Projet de résolution E en conséquence.

M. Milton précise qu'une modification a été apportée : le CIPM établira un « groupe de travail », et non un « sous-comité », pour conduire un examen de la mise en œuvre et du fonctionnement du CIPM MRA après l'atelier de 2015.

Le Projet de résolution E ne fait l'objet d'aucun autre commentaire ou changement concernant le texte anglais ou français. Le Projet de résolution E est adopté à l'unanimité comme Résolution 5 « Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM ».

42. Élection du CIPM

Le secrétaire de la CGPM rappelle que la procédure de vote pour l'élection du CIPM a fait l'objet d'une présentation par Mme Weritz (voir section 39). Il demande à M. Bock (Suisse), Mme Lagauterie (France) et Mme Gao (Chine) de tenir le rôle de scrutateurs. Les bulletins de vote pour l'élection du CIPM et celle de la Commission pour l'élection du CIPM ont été distribués aux 45 délégations présentes qui ont été invitées, par appel nominal, à voter pour 18 membres du CIPM en mettant leur bulletin dans l'urne prévue à cet effet.

M. Bock présente les résultats de l'élection du CIPM. Il indique que 45 enveloppes ont été distribuées et reçues, contenant 45 bulletins de vote. Une enveloppe contenait deux bulletins, l'un pour l'élection du CIPM, l'autre pour l'élection de la Commission pour l'élection du CIPM ; ce dernier a été mis dans l'urne de vote pour la Commission pour l'élection du CIPM. Les scrutateurs ont contrôlé que tous les bulletins contenaient un vote pour seulement 18 candidats : une liste comptait moins de 18 votes. Une liste n'était pas valable car les choix de candidats n'étaient pas identifiables. Le calcul est donc fondé sur 44 votes. Les résultats sont donnés ci-après.

Présélection recommandée de candidats du Groupe de travail *ad hoc* sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM :

Candidat	Nationalité	Votes
Bowsher, Brian	britannique	44
Brandi, Humberto	brésilien	44
Bulygin, Fedor	russe	42
Buzoianu, Mirella	roumaine	38
Castelazo, Ismael	mexicain	41
Duan, Yuning	chinois	43

Érard, Luc	français	43
Inglis, Barry	australien	41
Inguscio, Massimo	italien	41
Kang Dae-Im	sud-coréen	44
Liew, Thomas	malaisien/singapourien	41
Louw, Wynand	sud-africain	43
May, Willie	américain	43
McLaren, James	canadien	41
Richard, Philippe	suisse	43
Rietveld, Gert	néerlandais	41
Ullrich, Joachim	allemand	44
Usuda, Takashi	japonais	44
Autres candidats :		
Bulska, Ewa	polonaise	7
Campos, Joachin	espagnol	4
Ince, Ahmet	turc	3
Petersen, Jan	danois	8
Tinchev, Savcho	bulgare	3

M. Bock déclare les 18 candidats recommandés par le Groupe de travail *ad hoc* sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM dûment élus au CIPM.

43. Élection de la Commission pour l'élection du CIPM

Le secrétaire de la CGPM invite, par appel nominal, chaque délégation à voter pour les neuf membres qui composeront la Commission en mettant leur bulletin dans l'urne prévue à cet effet. Il demande à Mme van Spronssen (Pays-Bas), M. Laiz (Argentine) et M. Armstrong (Nouvelle-Zélande) de tenir le rôle de scrutateurs.

Mme van Spronssen présente les résultats de l'élection de la Commission. Elle note qu'il y a eu 45 votes et qu'un candidat a été ajouté sur un bulletin de vote. Les résultats sont donnés ci-après.

Candidat	Votes
Brown, Edwin (Département d'État, États-Unis d'Amérique)	41
Golubev, Sergei (Directeur du département de la métrologie, Rosstandart, Fédération de Russie)	43
Gunn, Robert (National Measurement Office, Royaume-Uni)	44
Lagauterie, Corinne (Ministère de l'économie, France)	44
Miki, Yukinobu (Directeur, NMIJ/AIST, Japon)	45
Mukhufhi, Ndwakhulu (Président-directeur général, NMISA, Afrique du Sud)	45
Santo, Claudia (Directrice du département de la métrologie, LATU, Uruguay)	45
Weritz, Friederike (Ministère de l'économie, Allemagne)	44
Zhang, Yiqun (Vice-Directeur, département de la métrologie, AQSIQ, Chine)	44

Une candidate a été ajoutée sur un bulletin de vote au cours du scrutin :

Popowska, Janina (Vice-Présidente, GUM, Pologne).	1
--	---

Mme van Spronssen déclare les neuf candidats proposés par le Groupe de travail *ad hoc* sur les règles et les principes relatifs à la composition du CIPM dûment élus à la Commission pour l'élection du CIPM.

44. Questions diverses

M. Inglis fait la déclaration suivante :

« Comme nous parvenons à la fin de ces trois jours, qui ont été intenses, je souhaiterais remercier les membres sortants du CIPM. Ces trois dernières années ont été très chargées et d'importants progrès ont été accomplis. Nous avons essayé de traiter toutes les questions qui ont été soulevées lors des précédentes réunions de la CGPM et je pense que nous avons répondu aux attentes.

Je remercie à cet effet les membres sortants du CIPM et je félicite les nouveaux membres du CIPM et leur souhaite la bienvenue. Ainsi, je souhaiterais avoir une brève réunion avec les nouveaux membres à la fin de la présente réunion, afin de réfléchir à la direction que nous devons prendre et à ce que nous devons faire lors de la première réunion du CIPM nouvellement élu. Je souhaiterais remercier spécialement les membres du personnel du BIPM. Ils ont effectué un travail fantastique et la présente réunion de la CGPM a été très bien organisée. J'ai reçu de nombreux commentaires en ce sens de la part des délégations. La réunion s'est très bien déroulée et c'est une joie de voir comment cette équipe a travaillé ensemble pour gérer cette réunion de la CGPM. Je souhaiterais tout particulièrement remercier Mme Céline Fellag Ariouet, assistante personnelle du directeur et responsable du service Secrétariat et Entretien des locaux, pour ses efforts considérables. Je souhaite également remercier les États Membres pour leur contribution et commentaires. Nous vous avons soumis un budget avec 0 % d'augmentation car nous sommes conscients de la pression à laquelle sont soumis les États Membres. Le BIPM est le vôtre, pas le nôtre : c'est celui des États Membres. Une augmentation de 0 % de la dotation, comme nous absorbons l'inflation et que nous nous sommes engagés à verser 150 000 euros supplémentaires par an dans la Caisse de retraite et de prévoyance, correspond en fait à une baisse de 2 % en termes réels. Je demande aux États Membres de réfléchir à ce point pour les prochaines réunions de la CGPM. Il ne sera pas possible de continuer à ce niveau de baisse de la dotation tout en initiant en même temps de nouveaux programmes souhaités par tous. Bien que nous connaissions une période difficile, je vous prie de réfléchir au futur et à ce que vous souhaitez concernant le BIPM car il ne sera pas viable de continuer à diminuer la dotation.

Enfin, je souhaite remercier un membre du CIPM en particulier. M. Kaarls a participé à huit réunions de la CGPM et a été le secrétaire de quatre d'entre elles. Il a choisi de ne plus servir le CIPM, bien que je devine qu'il ne prendra pas totalement sa retraite et que nous pourrions le rencontrer à d'autres occasions. La contribution de M. Kaarls a été exceptionnelle et ce sera sa dernière réunion de la CGPM en tant que secrétaire, bien que je doute que cela soit sa dernière réunion de la CGPM. Je souhaiterais que vous vous joigniez à moi pour le remercier de tous les efforts qu'il a fournis au cours de toutes ces années. M. Kaarls a été le visage de la métrologie internationale pendant de nombreuses années. »⁶

M. Kaarls remercie M. Inglis pour ses aimables paroles. Il observe qu'il a servi la métrologie avec plaisir et qu'il a noué de nombreuses amitiés dans nombre de pays. Il ajoute qu'il a travaillé dans le domaine de la métrologie pendant près de 50 ans et remercie toutes les personnes qui lui ont apporté leur aide et leur confiance pendant cette période.

M. Inglis remercie à nouveau les délégués de leur contribution et rappelle que le Groupe de travail *ad hoc* sur le rôle, la mission, les objectifs, la stabilité financière à long terme, la direction stratégique et la gouvernance du BIPM a été très actif au cours de ces trois dernières années. Il précise que le temps et les efforts fournis par ce Groupe de travail *ad hoc* pour assurer la nouvelle procédure d'élection et pour soutenir en continu les initiatives prises au cours des trois années passées sont très appréciés.

⁶ Traduction du BIPM du discours donné en anglais lors de la réunion de la CGPM.

45. Clôture de la réunion

M. Taquet, président de la CGPM, clôt la 25^e réunion de la CGPM en faisant le discours suivant :

« Pour conclure, j'ai été honoré et heureux de présider cette 25^e réunion de la CGPM. J'ai été impressionné et admiratif devant le travail accompli ces dernières années par le directeur du BIPM, le président et le secrétaire du CIPM, par tous les présidents des Comités, et par le personnel du BIPM. Je crois que vous avez eu raison de les applaudir très chaleureusement. Il me semble que le BIPM est un exemple magnifique de ce que les hommes de science peuvent réaliser ensemble au service de la société. Le BIPM est l'une des plus anciennes organisations aussi remarquables, aussi efficaces. Il y a d'autres exemples dans les sciences. Dans ma spécialité, nous avons l'échelle de temps géologique, qui regroupe tous les géologues du monde entier, avec les étages ; l'Oxfordien est défini à Oxford, le Devonien dans le Devon, le Maastrichtien à Maastricht, etc. Il y a aussi par exemple la carte géologique du monde dont le siège est ici à Paris ; la géologie n'a pas de frontières et malgré les pays en guerre, la géologie a une carte et elle fonctionne très bien pour tous les pays du monde. C'est une raison d'être optimiste. Je voudrais vous souhaiter de très bons travaux pour les années à venir ; la prochaine réunion de la CGPM dans quatre ans sera très importante. C'est pourquoi je vous invite, en 2018, à tenir votre réunion à l'Institut de France qui disposera d'un auditorium ultra-moderne de 450 places dont les travaux vont commencer dans quelques jours. Je vous souhaite un bon retour dans vos pays. Merci d'être venus en France et bonne continuation. »

**Résolutions adoptées par la
Conférence générale des poids et mesures
lors de sa 25^e réunion (2014)**

Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI

Résolution 1

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

rappelant

- la Résolution 1 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) qui prend acte de l'intention du Comité international des poids et mesures (CIPM) de proposer une révision du SI consistant à relier les définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole à des valeurs numériques exactes de la constante de Planck h , de la charge élémentaire e , de la constante de Boltzmann k , et de la constante d'Avogadro N_A , respectivement, et à modifier la façon de définir le SI, ainsi que la formulation des définitions des unités du SI pour les grandeurs temps, longueur, masse, courant électrique, température thermodynamique, quantité de matière et intensité lumineuse, de manière à ce que les constantes de référence sur lesquelles se fonde le SI apparaissent clairement,
- les nombreux avantages, mentionnés dans la Résolution 1, que présentera cette révision du SI pour la science, la technologie, l'industrie et le commerce, tel que le fait de relier le kilogramme à une constante de la nature et non plus à la masse d'un objet matériel (artefact), ce qui assurera sa stabilité à long terme,
- la Résolution 7 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999) qui encourage les laboratoires nationaux de métrologie à poursuivre les expériences visant à parvenir à une telle redéfinition du kilogramme,
- la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) qui décrit les travaux devant être effectués par les laboratoires nationaux de métrologie, le Bureau international des poids et mesures (BIPM), ainsi que le CIPM et ses Comités consultatifs, afin de permettre l'adoption par la CGPM de la révision du SI,

considérant les progrès significatifs réalisés afin d'effectuer les travaux nécessaires, parmi lesquels

- l'acquisition des données pertinentes, et leur analyse par le Committee on Data for Science and Technology (CODATA), afin d'obtenir les valeurs requises pour les constantes fondamentales de h , e , k , et N_A ,
- la mise au point par le BIPM d'un ensemble d'étalons de masse de référence qui permettra de faciliter la dissémination de l'unité de masse une fois le SI révisé,
- la préparation des mises en pratique des nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole,

notant que le Comité consultatif des unités (CCU), le CIPM, le BIPM, les laboratoires nationaux de métrologie et les Comités consultatifs doivent poursuivre leurs travaux en se concentrant sur

- la mise en place de campagnes de sensibilisation pour informer les communautés d'utilisateurs et le grand public du projet de révision du SI,
- la préparation de la 9^e édition de la Brochure sur le SI dans laquelle le SI révisé serait présenté de façon compréhensible par l'ensemble des lecteurs sans pour autant en compromettre la rigueur scientifique,

considérant que, malgré les progrès effectués, les données disponibles ne semblent pas encore suffisamment robustes pour que la CGPM adopte le SI révisé lors de sa 25^e réunion,

encouragement

- les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et les institutions universitaires à poursuivre leurs efforts afin de déterminer expérimentalement les valeurs des constantes de h , e , k et N_A au niveau d'incertitude requis,
- les laboratoires nationaux de métrologie à continuer activement à examiner et discuter de ces résultats au sein des Comités consultatifs,
- le CIPM à continuer à planifier la mise en œuvre de la Résolution 1 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011), en collaboration étroite avec les Comités consultatifs et le CCU,
- le CIPM et ses Comités consultatifs, les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM, ainsi que d'autres organisations telles que l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), à poursuivre leurs efforts afin d'effectuer les travaux nécessaires pour que la CGPM adopte, lors de sa 26^e réunion, une résolution permettant de remplacer le SI actuel par le SI révisé, sous réserve que les données obtenues, tant concernant leur nombre, les incertitudes associées ou leur niveau de cohérence, soient jugées satisfaisantes.

Sur l'élection du Comité international des poids et mesures

Résolution 2

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

considérant

- les dispositions des articles 7, 8 et 9 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, relatives à l'élection et à la composition du Comité international des poids et mesures (CIPM),
- la décision de la CGPM, adoptée lors de sa 17^e réunion (1983) sur recommandation du Groupe de travail *ad hoc* créé par la CGPM lors de sa 16^e réunion (1979), selon laquelle le CIPM – en général – s'assure que chacun de ses membres est acceptable par son gouvernement au moment de l'élection provisoire,
- la Résolution 10 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du Bureau international des poids et mesures (BIPM), par laquelle la CGPM a invité le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc* chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme, de la direction stratégique et de la gouvernance du BIPM, ainsi qu'à présenter à la CGPM, à sa 25^e réunion, les recommandations qu'il aura formulées à la suite de l'examen par le Groupe de travail *ad hoc*, les actions qu'il aura menées en conséquence, ainsi que des propositions d'actions supplémentaires requérant l'approbation de la CGPM,
- les conclusions et recommandations dudit Groupe de travail *ad hoc*, en particulier celles relatives à l'élection et à la composition du CIPM,

accueille favorablement

- la révision par le CIPM, lors de la seconde partie de sa 102^e session (octobre 2013), des principes suivis par le CIPM pour procéder à une élection, qui avaient été adoptés par ce dernier lors de sa 94^e session (2005),

notant

- la décision 103/08 du CIPM, adoptée à l'unanimité lors de la première partie de sa 103^e session (mars 2014), de démission de l'ensemble des membres du CIPM, avec effet à compter de l'ouverture de la première partie de la 104^e session du CIPM prévue en mars 2015,

décide

- qu'à compter de la 25^e réunion de la CGPM (2014), les membres du CIPM seront élus pour un mandat fixe renouvelable,
- que le mandat des membres du CIPM débutera à la première session du CIPM organisée au plus tard six mois après la réunion de la CGPM lors de laquelle ils auront été élus, et se terminera au début de la session du CIPM ayant lieu après la réunion suivante de la CGPM,
- qu'est instituée une Commission pour l'élection du CIPM, dont les membres seront élus et assureront leur fonction selon une procédure qui sera adoptée par la Commission, afin d'assister le CIPM et la CGPM dans l'élection des membres du CIPM,
- que la Commission pour l'élection du CIPM sera composée de neuf représentants d'États Membres, chacun provenant d'un État Membre différent, à contributions maximales, intermédiaires et minimales, avec une représentation géographique appropriée, élus à la majorité par la CGPM, ainsi que du Président du CIPM et du Secrétaire du CIPM, et que sa présidence sera assurée par l'un des représentants d'États Membres,

- que la CGPM procèdera à chacune de ses réunions à l'élection des neuf représentants d'États Membres de la Commission pour l'élection du CIPM,

invite

- les États Membres à participer activement au processus d'élection du CIPM.

Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM

Résolution 3

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

rappelant

- l'institution par la CGPM à sa 3^e réunion (1901) d'une Caisse de retraite en faveur des membres du personnel du Bureau international des poids et mesures (BIPM),
- l'article 15 paragraphe 2 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, qui dispose en particulier qu'« [u]n prélèvement annuel pourra être effectué, en faveur de la Caisse des retraites, sur le total des taxes perçues par le Bureau »,
- l'adoption par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) de la Résolution 10 sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM, qui invite le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc* chargé de conduire, entre autres, un examen de la stabilité financière à long terme du BIPM,

reconnaisant

- que le CIPM a établi en 2012 un Sous-comité permanent sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie,
- qu'un régime de retraite soutenable est un mécanisme important pour permettre au BIPM d'attirer, retenir et motiver du personnel compétent,
- qu'il est nécessaire que le CIPM et le BIPM gèrent le budget et les finances du BIPM afin de remplir ses obligations financières relatives à la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM, dans le cadre de la dotation approuvée par les États Membres,
- que le CIPM a apporté une plus grande transparence aux comptes et aux états financiers de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM en adoptant les normes IPSAS (International Public Sector Accounting Standards, Normes comptables internationales du secteur public),

accueille favorablement

- les mesures déjà prises par le CIPM dans le but d'assurer la stabilité financière à long terme de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et, en particulier, les amendements qui ont été adoptés par le CIPM en 2009 et qui sont entrés en vigueur à compter du 1^{er} janvier 2010, parmi lesquels l'augmentation de l'âge de départ à la retraite et l'augmentation de la contribution des membres du personnel du BIPM,
- le travail effectué depuis la 24^e réunion de la CGPM (2011) afin d'examiner et analyser les actifs et passifs actuels de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM par le Sous-comité du CIPM sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie,

réaffirme

- la décision prise à sa 10^e réunion (1954) de confier au CIPM l'administration de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM,

invite le CIPM

- à mettre en œuvre les plans qu'il a élaborés afin d'assurer la soutenabilité de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM tout en continuant à examiner la question des passifs sur le long terme,

- à tenir informés les États Membres des conclusions des études actuarielles sur les actifs et les passifs de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM, par le biais des publications financières habituelles du CIPM et lors de la prochaine réunion de la CGPM.

Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019

Résolution 4

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

considérant

- l'importance croissante du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM), dans tous les États Membres, pour le commerce international, l'innovation dans le secteur industriel, le changement climatique, la santé humaine et la médecine, l'alimentation et la médecine légale,
- le fait que le BIPM est reconnu comme l'organisation intergouvernementale scientifique experte dans le domaine de la métrologie, ainsi que la valeur ajoutée et l'optimisation des coûts que le travail du BIPM apporte aux États Membres sur le plan technique et économique,
- le processus engagé par le BIPM afin d'adopter les meilleures pratiques de gestion et améliorer son efficacité,

notant

- la Résolution 7 (1979), adoptée par la CGPM à sa 16^e réunion, établissant le principe de détermination de la dotation de base,
- la Résolution 10 (2011) adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM, ainsi que les mesures prises en conséquence et mises en œuvre avec succès par le BIPM,
- la situation financière mondiale actuelle et les contraintes financières auxquelles les États Membres sont soumis,
- la mise en œuvre réussie, par le BIPM, de la recommandation formulée par la CGPM à sa 24^e réunion afin de chercher à obtenir un soutien volontaire supplémentaire de sorte que le BIPM puisse mettre en œuvre des activités supplémentaires liées à sa mission,

remercie les laboratoires nationaux de métrologie qui ont apporté au BIPM un soutien volontaire sous quelque forme que ce soit, en particulier par voie de détachement de membres de leur personnel auprès du BIPM,

décide que la dotation annuelle du BIPM, telle que définie à l'article 6, 1921, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, sera fixée de façon à ce qu'elle corresponde, pour les États Parties à la Convention du Mètre au moment de la 25^e réunion de la CGPM, à :

11 980 000 euros en 2016
 11 980 000 euros en 2017
 11 980 000 euros en 2018
 11 980 000 euros en 2019

prie instamment

- les États Membres, ainsi que les organisations internationales, les organismes privés et les fondations de continuer à apporter un soutien volontaire supplémentaire de toute sorte afin de soutenir des activités spécifiques liées à la mission du BIPM, en particulier celles qui faciliteront la participation aux activités du BIPM par les pays qui ne disposent pas d'une infrastructure métrologique bien développée.

Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM

Résolution 5

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

considérant

- la pertinence et l'importance du CIPM MRA tel que formulé, en particulier, dans la Résolution 6 (2003) adoptée par la CGPM à sa 22^e réunion et dans la Résolution 4 (2007) adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion,
- l'appréciation et le soutien que toutes les parties intéressées ont exprimés vis-à-vis du CIPM MRA depuis son entrée en vigueur il y a plus de quinze ans,
- l'impact économique et social positif qu'apporte le CIPM MRA en assurant la reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage,

notant

- qu'après quinze années d'existence et de succès du CIPM MRA, il est nécessaire de procéder à un examen de sa mise en œuvre et de son fonctionnement,
- que les activités menées dans le cadre du CIPM MRA revêtent une importance directe pour le rôle, la mission et les objectifs du Bureau international des poids et mesures (BIPM),
- le rôle unique et particulier des organisations régionales de métrologie dans les activités du CIPM MRA, au sein du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) et pour les Associés à la CGPM,
- que des améliorations sont apportées au sein de la structure existante, parmi lesquelles la planification stratégique des comparaisons et la rationalisation continue des procédures,
- qu'un atelier sera organisé en 2015 avec pour objectif d'engager une discussion approfondie sur le CIPM MRA avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, les représentants des États Membres, les représentants des organisations régionales de métrologie ainsi que d'autres parties prenantes concernées, afin de souligner les bénéfices apportés par le CIPM MRA et de faire ressortir ce qui fonctionne correctement et ce qu'il est nécessaire d'améliorer concernant la mise en œuvre du CIPM MRA,

invite

- les Comités consultatifs et le JCRB à poursuivre leurs efforts continus afin de rationaliser le fonctionnement du CIPM MRA, dans le cadre de la structure existante, ainsi qu'à se préparer et à contribuer à l'examen plus large qui sera conduit en 2015,
- le Comité international des poids et mesures (CIPM) à établir un groupe de travail, dont la composition sera déterminée lors de l'atelier prévu en 2015 et qui sera placé sous la présidence du président du CIPM, afin de conduire un examen de la mise en œuvre et du fonctionnement du CIPM MRA,

réaffirme

- sa recommandation selon laquelle les principes du CIPM MRA doivent figurer dans les accords intergouvernementaux si nécessaire,

encourage

- tous les signataires du CIPM MRA à soutenir les activités et le travail du groupe de travail sur le CIPM MRA.

Annexe A

Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (25^e réunion)

La Conférence générale des poids et mesures est convoquée pour sa 25^e réunion

le mardi 18 novembre 2014 à 9 h 30

au **Palais des Congrès de Versailles**,

10 rue de la Chancellerie,

78000 Versailles, Yvelines, France.

Constitution de la Conférence générale des poids et mesures

Convention du Mètre (1875) : article 3

« Le Bureau international^{*} fonctionnera sous la direction et la surveillance exclusives d'un *Comité international des poids et mesures*^{**}, placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence générale des poids et mesures*^{***}, formée de délégués de tous les Gouvernements contractants. »

Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875) : article 7

« La Conférence générale, mentionnée à l'article 3 de la Convention, se réunira à Paris, sur la convocation du Comité international, au moins une fois tous les six ans.

Elle a pour mission de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour la propagation et le perfectionnement du Système métrique, ainsi que de sanctionner les nouvelles déterminations métrologiques fondamentales qui auraient été faites dans l'intervalle de ses réunions. Elle reçoit le Rapport du Comité international sur les travaux accomplis et procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du Comité international.

Les votes, au sein de la Conférence générale, ont lieu par États ; chaque État a droit à une voix.

* Mentionné souvent dans ce document comme BIPM ou Bureau international des poids et mesures.

** Mentionné souvent dans ce document comme CIPM ou Comité international.

*** Mentionnée souvent dans ce document comme CGPM ou Conférence générale.

Les membres du Comité international siègent de droit dans les réunions de la Conférence ; ils peuvent être en même temps délégués de leurs Gouvernements. »

Lieu et dates des séances de la 25^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

Toutes les séances se tiendront au

Palais des Congrès de Versailles
10 rue de la Chancellerie, 78000 Versailles, France

avec interprétation simultanée en français et en anglais.

Première séance,	mardi 18 novembre 2014	de 9 h 30 à 12 h 30
Deuxième séance,	mardi 18 novembre 2014	de 14 h 00 à 17 h 00
Troisième séance,	mercredi 19 novembre 2014	de 13 h 00 à 17 h 30
Quatrième séance,	jeudi 20 novembre 2014	de 9 h 00 à 12 h 00
Cinquième séance,	jeudi 20 novembre 2014	de 13 h 30 à 16 h 00

Le Groupe de travail de la CGPM sur la dotation du BIPM se réunira au Palais des Congrès de Versailles le mercredi 19 novembre 2014 de 9 h 00 à 12 h 00.

Les Délégués auprès de la CGPM seront invités à visiter les laboratoires du BIPM le lundi 17 novembre 2014 à partir de 14 h 00.

Une réunion informelle sur le programme de travail du BIPM et la dotation correspondante, présidée par le président du CIPM, se tiendra au siège du BIPM le lundi 17 novembre 2014 à 9 h 30. Le président du CIPM établira une liste de représentants d'États Membres versant des contributions maximales, intermédiaires et minimales et reflétant de manière adéquate l'ensemble des régions, afin de les inviter à participer à cette réunion informelle, ainsi qu'à la réunion du Groupe de travail sur la dotation du BIPM qui aura lieu au cours de la réunion de la CGPM. Une fois la liste des États Membres invités ayant confirmé leur participation publiée sur la page suivante du site internet du BIPM : www.bipm.org/fr/cgpm-2014/preparatory-meeting.html, des dispositions seront prises pour pouvoir accueillir un nombre limité d'États supplémentaires. Les représentants d'États Membres qui n'ont pas été spécifiquement invités et souhaitent participer à la réunion informelle pourront contacter par courriel le secrétaire du CIPM, Robert Kaarls (rkaarls@euronet.nl), une fois qu'aura été publiée la liste des États invités dont les représentants ont accepté de participer. Pour de plus amples informations sur cette réunion informelle, les États Membres sont priés de contacter par courriel le

secrétaire du CIPM, Robert Kaarls, et de consulter la page suivante du site internet du BIPM : www.bipm.org/fr/cgpm-2014/preparatory-meeting.html. Merci de noter qu'en raison de contraintes pratiques pour organiser la réunion informelle et afin d'assurer l'efficacité des discussions, la participation sera limitée à deux personnes maximum par État Membre.

Le programme complet de la réunion, ainsi que les documents y afférents, sont disponibles sur la page suivante du site internet du BIPM : www.bipm.org/fr/cgpm-2014/. Cette page sera mise à jour au cours de la préparation de la réunion de la CGPM afin de présenter les informations et documents les plus récents.

Il est demandé aux Délégués des États Membres de faire connaître au CIPM aussi rapidement que possible les propositions qu'ils souhaitent soumettre à la CGPM afin que ces propositions puissent être transmises à l'ensemble des États Membres. Conformément à la décision prise par la CGPM à sa 24^e réunion (2011), les Délégués doivent soumettre leurs propositions au moins quatre mois avant la 25^e réunion de la CGPM. Toute proposition ainsi reçue sera mise à la disposition des États Membres au minimum deux mois avant la 25^e réunion de la CGPM.

mai 2014

Pour le Comité international des poids et mesures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

Le Secrétaire,
R. Kaarls

Le Président,
B. D. Inglis

Ordre du jour provisoire de la 25^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

- 1 Présentation des titres accréditant les Délégués
- 2 Ouverture de la réunion
- 3 Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères de la République française
- 4 Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures
- 5 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, Président de la CGPM
- 6 Désignation du Secrétaire de la CGPM
- 7 Établissement de la liste des Délégués ayant pouvoir de voter
- 8 Approbation de l'ordre du jour
- 9 Rapport de M. le Président du CIPM sur les travaux accomplis depuis la 24^e réunion de la CGPM
- 10 Présentations des représentants d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux
- 11 Rapport sur les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux
- 12 Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM
- 13 Révision à venir du Système international d'unités, le SI (voir Projet de résolution A)
- 14 Changements proposés concernant la procédure d'élection du CIPM (voir Projet de résolution B)
- 15 Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM (voir Projet de résolution C)
- 16 Programme de travail du BIPM proposé et dotation correspondante
 - 16.1 Programme de travail du BIPM proposé pour les années 2016 à 2019
 - 16.2 Dotation annuelle proposée (voir Projet de résolution D)
- 17 Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (voir Projet de résolution E)
- 18 Rapports des présidents des Comités consultatifs
- 19 Propositions des Délégués
- 20 Vote des Résolutions
- 21 Renouvellement du CIPM
- 22 Questions diverses
- 23 Clôture de la réunion

Liste des projets de résolution de la 25^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

- A Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI
- B Sur l'élection du Comité international des poids et mesures
- C Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM
- D Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019
- E Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM

- **Sur la révision à venir du Système international d'unités, le SI**

Projet de résolution A

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

rappelant

- la Résolution 1 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) qui prend acte de l'intention du Comité international des poids et mesures (CIPM) de proposer une révision du SI consistant à relier les définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole à des valeurs numériques exactes de la constante de Planck h , de la charge élémentaire e , de la constante de Boltzmann k , et de la constante d'Avogadro N_A , respectivement, et à modifier la façon de définir le SI, ainsi que la formulation des définitions des unités du SI pour les grandeurs temps, longueur, masse, courant électrique, température thermodynamique, quantité de matière et intensité lumineuse, de manière à ce que les constantes de référence sur lesquelles se fonde le SI apparaissent clairement,
- les nombreux avantages, mentionnés dans la Résolution 1, que présentera cette révision du SI pour la science, la technologie, l'industrie et le commerce, tel que le fait de relier le kilogramme à une constante de la nature et non plus à la masse d'un objet matériel (artefact), ce qui assurera sa stabilité à long terme,
- la Résolution 7 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999) qui encourage les laboratoires nationaux de métrologie à poursuivre les expériences visant à parvenir à une telle redéfinition du kilogramme,
- la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) qui décrit les travaux devant être effectués par les laboratoires nationaux de métrologie, le Bureau international des poids et mesures (BIPM), ainsi que le CIPM et ses Comités consultatifs, afin de permettre l'adoption par la CGPM de la révision du SI,

considérant les progrès significatifs réalisés afin d'effectuer les travaux nécessaires, parmi lesquels

- l'acquisition des données pertinentes, et leur analyse par le Committee on Data for Science and Technology (CODATA), afin d'obtenir les valeurs requises pour les constantes fondamentales de h , e , k , et N_A ,
- la mise au point par le BIPM d'un ensemble d'étalons de masse de référence qui permettra de faciliter la dissémination de l'unité de masse une fois le SI révisé,
- la préparation des mises en pratique des nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole,
- la mise en place de campagnes de sensibilisation pour informer les communautés d'utilisateurs et le grand public du projet de révision du SI,
- la préparation d'une nouvelle édition de la *Brochure sur le SI* dans laquelle le SI révisé serait présenté de façon aisément compréhensible par l'ensemble des lecteurs,

considérant que, malgré les progrès effectués, les données disponibles ne semblent pas encore suffisamment robustes pour que la CGPM adopte le SI révisé lors de sa 25^e réunion,

encourage

- les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et les institutions universitaires à poursuivre leurs efforts afin de déterminer expérimentalement les valeurs des constantes de h , e , k et N_A au niveau d'incertitude requis,

- les laboratoires nationaux de métrologie à continuer activement à examiner et discuter de ces résultats au sein des Comités consultatifs,
- le CIPM à planifier la mise en œuvre de la Résolution 1 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011), en collaboration étroite avec les Comités consultatifs et le Comité consultatif des unités (CCU),
- le CIPM et ses Comités consultatifs, les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM, ainsi que d'autres organisations telles que l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), à poursuivre leurs efforts afin d'effectuer les travaux nécessaires pour que la CGPM adopte, lors de sa 26^e réunion, une résolution permettant de remplacer le SI actuel par le SI révisé, sous réserve que les données obtenues, tant concernant leur nombre, les incertitudes associées ou leur niveau de cohérence, soient jugées satisfaisantes.

- **Sur l'élection du Comité international des poids et mesures**

Projet de résolution B

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

considérant

- les dispositions des articles 7, 8 et 9 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, relatives à l'élection et à la composition du Comité international des poids et mesures (CIPM),
- la décision de la CGPM, adoptée lors de sa 17^e réunion (1983) sur recommandation du Groupe de travail *ad hoc* créé par la CGPM lors de sa 16^e réunion (1979), selon laquelle le CIPM – en général – s'assure que chacun de ses membres est acceptable par son gouvernement au moment de l'élection provisoire,
- la Résolution 10 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du Bureau international des poids et mesures (BIPM), par laquelle la CGPM a invité le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc* chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme, de la direction stratégique et de la gouvernance du BIPM, ainsi qu'à présenter à la CGPM, à sa 25^e réunion, les recommandations qu'il aura formulées à la suite de l'examen par le Groupe de travail *ad hoc*, les actions qu'il aura menées en conséquence, ainsi que des propositions d'actions supplémentaires requérant l'approbation de la CGPM,
- les conclusions et recommandations dudit Groupe de travail *ad hoc*, en particulier celles relatives à l'élection et à la composition du CIPM,

accueille favorablement

- la révision par le CIPM, lors de la seconde partie de sa 102^e session (octobre 2013), des principes suivis par le CIPM pour procéder à une élection, qui avaient été adoptés par ce dernier lors de sa 94^e session (2005),

notant

- la décision 103/08 du CIPM, adoptée à l'unanimité lors de la première partie de sa 103^e session (mars 2014), de démission de l'ensemble des membres du CIPM, avec effet à compter de l'ouverture de la première partie de la 104^e session du CIPM prévue en mars 2015,

décide

- qu'à compter de la 25^e réunion de la CGPM (2014), les membres du CIPM seront élus pour un mandat fixe renouvelable,
- que le mandat des membres du CIPM débutera à la première session du CIPM organisée au plus tard six mois après la réunion de la CGPM lors de laquelle ils auront été élus, et se terminera au début de la session du CIPM ayant lieu après la réunion suivante de la CGPM,
- qu'est instituée une Commission pour l'élection du CIPM, dont les membres seront élus et assureront leur fonction selon une procédure qui sera adoptée par la CGPM, afin d'assister le CIPM et la CGPM dans l'élection des membres du CIPM,
- que la Commission pour l'élection du CIPM sera composée de sept représentants d'États Membres à contributions maximales, intermédiaires et minimales et reflétant de manière adéquate l'ensemble des régions, élus à la majorité par la CGPM, ainsi que du Président du CIPM et du Secrétaire du CIPM, et que sa présidence sera assurée par l'un des représentants d'États Membres,

- que la CGPM procédera à chacune de ses réunions à l'élection des sept représentants d'États Membres de la Commission pour l'élection du CIPM,

invite

- les États Membres à participer activement au processus d'élection du CIPM.

- **Sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM**

Projet de résolution C

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

rappelant

- l'institution par la CGPM à sa 3^e réunion (1901) d'une Caisse de retraite en faveur des membres du personnel du Bureau international des poids et mesures (BIPM),
- l'article 15 paragraphe 2 du Règlement annexé à la Convention du Mètre,
- le fait que la CGPM à sa 10^e réunion (1954) a confié au Comité international des poids et mesures (CIPM) l'administration de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM,
- l'adoption par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) de la Résolution 10 sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM, qui invite le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc* chargé de conduire, entre autres, un examen de la stabilité financière à long terme du BIPM,
- l'établissement par le CIPM du Sous-comité permanent sur la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et l'assurance-maladie,

reconnaissant

- que la plupart des membres du personnel du BIPM ne peuvent pas bénéficier d'un système de sécurité sociale national et qu'une fois à la retraite, les pensions qu'ils recevront de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM constitueront leur principale source de revenus,
- qu'il est important que le système de pensions des membres actuels et retraités du personnel du BIPM ait des bases financières solides,
- qu'il est nécessaire que le BIPM puisse attirer, retenir et motiver du personnel compétent,
- qu'il est nécessaire que les contributions versées par les États Membres continuent à soutenir le programme de travail approuvé du BIPM (activités techniques et de coordination) tout en permettant au BIPM de remplir ses obligations financières concernant les pensions actuelles et à venir,
- que le CIPM a apporté une plus grande transparence aux comptes et aux états financiers de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM en adoptant les normes IPSAS (*International Public Sector Accounting Standards*, Normes comptables internationales du secteur public),

accueille favorablement

- les mesures déjà prises par le CIPM afin d'assurer la stabilité financière à long terme de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et, en particulier, les amendements qui ont été adoptés par le BIPM en 2009 et qui sont entrés en vigueur à compter du 1^{er} janvier 2010, parmi lesquels l'augmentation de l'âge de départ à la retraite et l'augmentation de la contribution des membres du personnel du BIPM,

réaffirme

- la décision prise à sa 10^e réunion (1954) de confier au CIPM l'administration de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM,

décide

- que le niveau de la dotation doit permettre au BIPM d'assurer la soutenabilité de la Caisse de retraite et de prévoyance,

invite le CIPM

- à mettre en place, comme catégorie d'actifs spécifique du BIPM, un fonds de réserve pour la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM,
- à établir un conseil de surveillance du fonds de réserve qui aura pour mission, entre autres, de mener des études actuarielles sur les actifs et passifs du fonds de réserve, de façon régulière et au moins tous les quatre ans, et qui conseillera le CIPM sur la base des résultats de ces études,
- à s'assurer que le conseil de surveillance du fonds de réserve est composé de telle sorte que ses membres représentent les intérêts des parties prenantes concernées,
- à tenir informés les États Membres des conclusions de ces études par le biais des publications financières habituelles du CIPM et lors de la prochaine réunion de la CGPM.

- **Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019**

Projet de résolution D

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

considérant

- l'importance croissante du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM), dans tous les États Membres, pour le commerce international, l'innovation dans le secteur industriel, le changement climatique, la santé humaine et la médecine, l'alimentation et la médecine légale,
- le fait que le BIPM est reconnu comme l'organisation intergouvernementale scientifique experte dans le domaine de la métrologie, ainsi que la valeur ajoutée et l'optimisation des coûts que le travail du BIPM apporte aux États Membres sur le plan technique et économique,
- le processus engagé par le BIPM afin d'adopter les meilleures pratiques de gestion et améliorer son efficacité,

notant

- la Résolution 10 (2011) adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM, ainsi que les mesures prises en conséquence et mises en œuvre avec succès par le BIPM,
- la situation financière mondiale actuelle et les contraintes financières auxquelles les États Membres sont soumis,
- la mise en œuvre réussie, par le BIPM, de la recommandation formulée par la CGPM à sa 24^e réunion afin de chercher à obtenir un soutien volontaire supplémentaire de sorte que le BIPM puisse mettre en œuvre des activités supplémentaires liées à sa mission,

remercie les laboratoires nationaux de métrologie qui ont apporté au BIPM un soutien volontaire sous quelque forme que ce soit, en particulier par voie de détachement de membres de leur personnel auprès du BIPM,

décide que la dotation annuelle du BIPM, telle que définie à l'article 6, 1921, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, sera augmentée de façon à ce qu'elle soit portée, pour les États Parties à la Convention du Mètre au moment de la 25^e réunion de la CGPM, à :

12 220 000 euros en 2016

12 464 000 euros en 2017

12 713 000 euros en 2018

12 968 000 euros en 2019

prie instamment

- les États Membres, ainsi que les organisations internationales, les organismes privés et les fondations de continuer à apporter un soutien financier volontaire supplémentaire de toute sorte afin de soutenir des activités spécifiques liées à la mission du BIPM.

Annexe au Projet de résolution D – Notes explicatives provisoires

- 1) La dotation proposée tient compte de l'augmentation du nombre d'États Membres en raison de l'accession à la Convention du Mètre de la République de Tunisie en 2012 et de la République de Colombie et de la République d'Irak en 2013. Les nouvelles accessions donnent lieu à un accroissement du montant de la dotation totale mais n'accroissent pas pour autant les contributions de chacun des États Membres.
- 2) Le travail concernant l'élaboration de scénarios financiers se poursuit. Toutefois, les montants définitifs ne devraient pas excéder ceux de la dotation proposée.
- 3) La dotation proposée est calculée en prenant pour point de départ la dotation de 2015 approuvée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011), à laquelle viennent s'ajouter les contributions des nouveaux États ayant accédé à la Convention du Mètre tel qu'expliqué à la note 1), et à laquelle a été appliquée une augmentation de 2 % par an.

- **Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM**

Projet de résolution E

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 25^e réunion,

considérant

- la pertinence et l'importance du CIPM MRA tel que formulé, en particulier, dans la Résolution 6 (2003) adoptée par la CGPM à sa 22^e réunion et dans la Résolution 4 (2007) adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion,
- l'appréciation et le soutien que toutes les parties intéressées ont exprimés vis-à-vis du CIPM MRA depuis son entrée en vigueur il y a plus de quinze ans,
- l'impact économique et social positif qu'apporte le CIPM MRA en assurant la reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie,

notant

- qu'après quinze années d'existence et de succès du CIPM MRA, il est nécessaire de procéder à un examen de sa mise en œuvre et de son fonctionnement,
- que les activités menées dans le cadre du CIPM MRA revêtent une importance directe pour le rôle, la mission et les objectifs du Bureau international des poids et mesures (BIPM),
- que des améliorations sont apportées au sein de la structure existante, parmi lesquelles la planification stratégique des comparaisons et la rationalisation continue des procédures,
- qu'un atelier sera organisé en 2015 avec pour objectif d'engager une discussion approfondie sur le CIPM MRA avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, les représentants des États Membres, ainsi que d'autres parties prenantes concernées, afin de souligner les bénéfices apportés par le CIPM MRA et de faire ressortir ce qui fonctionne correctement et ce qu'il est nécessaire d'améliorer concernant la mise en œuvre du CIPM MRA,

invite

- les Comités consultatifs et le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) à poursuivre leurs efforts continus afin de rationaliser le fonctionnement du CIPM MRA, dans le cadre de la structure existante, ainsi qu'à se préparer et à contribuer à l'examen plus large qui sera conduit en 2015,
- le Comité international des poids et mesures (CIPM) à établir, après l'atelier prévu en 2015, un sous-comité qui serait placé sous la présidence du président du CIPM et comprendrait des représentants des laboratoires nationaux de métrologie, afin de conduire un examen de la mise en œuvre et du fonctionnement du CIPM MRA,

réaffirme

- sa recommandation selon laquelle les principes du CIPM MRA doivent figurer dans les accords intergouvernementaux si nécessaire,

encourage

- tous les signataires du CIPM MRA à soutenir les activités et le travail du sous-comité sur le CIPM MRA et à y participer activement.

Annexe B

Programme de travail du Bureau international des poids et mesures pour les années 2016 à 2019

SECTION I : INTRODUCTION

RÉSUMÉ

Programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019

Le présent document décrit le programme de travail que le Comité international des poids et mesures (CIPM) propose de confier au Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2016 à 2019. Il a été élaboré suite au processus de planification consolidée mis en œuvre par le BIPM et le CIPM au cours de 2013 et tient compte des discussions qui se sont tenues avec les représentants des États Membres et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Ce programme de travail a fait l'objet de consultations spécifiques auprès des Comités consultatifs ainsi que du CIPM.

Le programme de travail du BIPM inclut plusieurs nouveaux éléments :

- une approche thématique pour formuler les projets dans les domaines de la chimie et des rayonnements ionisants,
- un thème unique pour la métrologie en physique, qui regroupe les projets des masses et de l'électricité, afin de rendre plus flexible le déploiement du personnel et de recentrer le projet de la balance du watt,
- les activités de coordination internationale présentées dans un même thème pour tous les départements,
- une distinction plus claire entre le travail de calcul du Temps universel coordonné (UTC) et des échelles de temps effectué par le Département du temps et celui réalisé dans le cadre d'un soutien plus large apporté à la communauté scientifique.

Éléments marquants

Parmi les projets en métrologie en physique et en métrologie du temps du programme de travail figurent les nouvelles activités suivantes :

- coordonner une comparaison des réalisations primaires du kilogramme (préalablement à la redéfinition de l'unité de masse) suivie de comparaisons clés bilatérales conduites après la redéfinition ;
- mettre en œuvre des étalons transportables de tension à effet Josephson en courant alternatif dans le cadre de comparaisons ;

- réaliser un nouvel étalon transportable utilisant l'effet Hall quantique dans le graphène en remplacement de celui à base d'arséniure de gallium ;
- coordonner une comparaison clé de mesures de capacité ;
- contribuer à comparer à distance des étalons optiques de plus haute exactitude, l'objectif étant que ces étalons soient utilisés à l'avenir pour améliorer le Temps atomique international (TAI) et qu'ils servent de base à l'examen d'une redéfinition de la seconde du SI.

En ce qui concerne le programme thématique de la chimie et des rayonnements ionisants, dont les projets traitent des grands défis de la métrologie, de nouvelles comparaisons considérées comme ayant une haute priorité sont proposées. Elles concernent :

- des étalons de référence pour la surveillance de l'ozone troposphérique ;
- des étalons de référence pour la surveillance de la qualité de l'air ;
- des étalons de référence pour la surveillance des changements climatiques ;
- des calibrateurs primaires organiques pour des applications dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie ;
- certaines qualités de rayons x couramment utilisées en radiothérapie et en radiodiagnostic ;
- les faisceaux de rayonnement γ et d'électrons couramment utilisés en radiothérapie et/ou en radioprotection, et servant de référence pour les mesures calorimétriques dans les faisceaux de photons aux hautes énergies (accélérateurs médicaux) ;
- la référence de kerma dans l'air à des niveaux élevés de dose utilisée dans le monde entier en curiethérapie ;
- les émetteurs γ , β et α couramment utilisés en médecine nucléaire ou apparaissant dans le cadre du contrôle du cycle nucléaire et de l'environnement ;
- les radionucléides à courte durée de vie émetteurs de rayonnement γ qui présentent un intérêt pour la médecine nucléaire et la tomographie par émission de positons.

Le niveau de participation concernant le programme de travail proposé pour les années 2016 à 2019 est présenté dans le tableau ci-dessous :

	Estimation du nombre de laboratoires nationaux de métrologie et de laboratoires désignés participant à des comparaisons coordonnées par le BIPM	
	2013-2015	2016-2019
Masses	16	9
Électricité	21	45
Temps*	73	80
Rayonnements ionisants	45	59
Chimie	115	176
Total	270	369

* Pour le Département du temps, les participants sont les laboratoires qui contribuent chaque mois au calcul de l'UTC.

Base de calcul des coûts

Le présent document indique pour chacun des projets proposés les ressources nécessaires en termes de mois-personne (pour les membres du personnel du BIPM et les chercheurs invités), les coûts de fonctionnement, ainsi que les dépenses d'investissement estimées. Il contient également un certain nombre de projets alternatifs.

Les hypothèses utilisées afin de calculer les coûts sont cohérentes avec le plan financier à long terme qui a été élaboré par le BIPM et qui a fait l'objet de discussions lors de la réunion des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en octobre 2013. En résumé, les hypothèses clés sont les suivantes :

- Le nombre de membres du personnel du BIPM recrutés à temps plein ou à temps partiel demeure identique à celui de la fin du programme de travail pour les années 2013 à 2015. Après 2015, les membres du personnel partant à la retraite ne seront pas remplacés, sauf en cas de nécessité pour le bon fonctionnement du BIPM ou dans le cadre de l'exécution de tâches spécifiques qui ne peuvent être effectuées par d'autres membres du personnel en poste.
- Le niveau d'investissement (concernant les équipements scientifiques et les bâtiments) est semblable à celui de l'année 2015 corrigé de l'inflation estimée.
- Le nombre de chercheurs invités travaillant au BIPM demeurera équivalent à celui du programme de travail pour les années 2013 à 2015. (Une proposition d'augmenter ce nombre est toutefois mentionnée ci-après.)
- Une mise à jour du présent projet de programme de travail, contenant des informations supplémentaires concernant les coûts prévus (dont ceux de fonctionnement), sera prochainement mise à disposition (au cours du troisième trimestre de 2014).

Dotation du BIPM proposée pour les années 2016 à 2019

Le CIPM révisera plus avant le présent projet de programme de travail en fonction des commentaires reçus, puis une version finale du projet de programme de travail sera soumise à la Conférence générale des poids et mesures (CGPM). Le BIPM développe par ailleurs une proposition visant à augmenter les opportunités de visite de scientifiques au BIPM, qui se fonde sur l'opinion largement partagée selon laquelle le BIPM devrait accroître les ressources dont il dispose pour mettre en œuvre son programme de travail en augmentant le nombre de scientifiques invités.

La dotation requise pour soutenir le présent programme de travail, qui inclurait un nombre croissant de chercheurs invités, nécessite une augmentation de 2 % par an (le montant de la dotation repose sur un niveau de base qui inclut les contributions des nouveaux États Membres, les souscriptions des Associés à la CGPM, ainsi que d'autres revenus, notamment ceux couvrant les frais engagés afin de fournir des services spécialisés spécifiques).

Processus de consultation et calendrier

Le présent projet de programme de travail a été révisé par le CIPM afin de tenir compte des stratégies des Comités consultatifs, ainsi que des commentaires formulés par les représentants des États Membres et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie lors de la réunion d'octobre 2013. Une première hiérarchisation des priorités a ainsi été effectuée en prenant pour critère le document « Mission, Rôle et Objectifs du BIPM » et en mettant l'accent sur les activités qui sont plus efficacement menées par le BIPM au nom de la communauté internationale de la métrologie. L'avantage du travail du BIPM pour les États Membres réside dans le fait que les activités scientifiques menées par le BIPM dans ses laboratoires, ainsi que celles de coordination internationale, sont effectuées à frais partagés au nom de tous les États Membres.

Les projets identifiés par le CIPM comme étant de la plus haute priorité, ainsi que quelques activités alternatives, sont présentés ci-après.

Les représentants des États Membres et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie sont invités à commenter le présent document, en examinant en particulier :

- si la répartition des activités entre les différents domaines métrologiques permet de répondre aux priorités les plus élevées ;
- si la liste des projets prioritaires identifiés pour chaque domaine métrologique est appropriée et si certains des projets alternatifs devraient être privilégiés (en indiquant quel(s) projet(s) considéré(s) actuellement comme prioritaire(s) devrait(en)t avoir une priorité moindre).

Le présent document est soumis pour examen et commentaires aux États Membres. En septembre 2014, le BIPM préparera une version « quasi définitive » du programme de travail qui sera traduite en français et soumise pour discussion lors de la 25^e réunion de la CGPM en novembre 2014.

MISSION ET RÔLE DU BIPM

Le BIPM est l'organisation intergouvernementale créée par la Convention du Mètre ; ses États Membres agissent en commun en ce qui concerne les sujets liés à la science des mesures et aux étalons de mesure.

Le BIPM a pour mission d'assurer et de promouvoir la comparabilité mondiale des mesures, en fournissant notamment un système international d'unités cohérent essentiel pour :

- les découvertes et l'innovation scientifiques,
- la production industrielle et le commerce international,
- la préservation de la qualité de vie et de l'environnement.

Du fait de son caractère international et impartial, le BIPM joue un rôle unique qui lui permet de :

- coordonner la mise en œuvre et l'amélioration du système mondial de mesure afin de garantir l'exactitude et la comparabilité des résultats de mesure,
- entreprendre certaines activités scientifiques et techniques qui sont plus efficacement menées, dans ses laboratoires, en commun au nom des États Membres,
- promouvoir l'importance de la métrologie pour la science, l'industrie et la société, notamment en collaborant avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux et en participant à des forums internationaux.

Pour accomplir sa mission, le BIPM met en place l'infrastructure technique et organisationnelle du Système international d'unités (SI) qui constitue le fondement de la traçabilité des résultats de mesure au niveau international : il mène ainsi des activités techniques dans ses laboratoires et effectue un travail de coordination internationale.

OBJECTIFS DU BIPM

- établir et maintenir des étalons de référence appropriés, utilisés pour conduire, au plus haut niveau métrologique, un nombre limité de comparaisons clés internationales ;
- coordonner les comparaisons internationales des étalons de mesure nationaux par l'intermédiaire des Comités consultatifs du CIPM, en jouant le rôle de laboratoire pilote pour certaines comparaisons considérées prioritaires et en menant les travaux scientifiques requis pour ce faire ;
- proposer certains services d'étalonnage aux États Membres ;
- coordonner des activités entre les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres, notamment par l'intermédiaire de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA)¹, et leur fournir des services techniques afin de soutenir leur travail ;
- collaborer, selon les besoins, avec d'autres organisations intergouvernementales² et organismes internationaux³, directement ou par l'intermédiaire de comités communs⁴ ;
- organiser des réunions scientifiques visant à identifier les évolutions futures du système mondial de mesure qui seront nécessaires pour répondre aux exigences actuelles et à venir en matière de mesures dans l'industrie, les sciences et la société ;
- informer, par le biais de publications et réunions, la communauté scientifique, le grand public et les décideurs sur les questions liées à la métrologie et à ses avantages.

¹ Le CIPM MRA est coordonné conjointement par le BIPM et les organisations régionales de métrologie.

² Parmi les organisations intergouvernementales coopérant avec le BIPM figurent l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

³ Parmi les organismes internationaux coopérant avec le BIPM figurent l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

⁴ Parmi les comités communs figurent le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) et le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM).

IMPACT DU PROGRAMME DE TRAVAIL ET AVANTAGES POUR LES ÉTATS MEMBRES

Impact sur le système métrologique mondial

Le système métrologique mondial est l'infrastructure technique et administrative maintenue par les laboratoires nationaux de métrologie, en collaboration avec les organisations régionales de métrologie et le BIPM, qui permet d'assurer la comparabilité des mesures dans le monde. L'existence d'un système métrologique mondial est un atout pour les États Membres car il constitue une structure acceptée au niveau international qui permet de démontrer l'équivalence des mesures effectuées par un État à celles d'un autre État. Par ailleurs, le fait de participer au système métrologique mondial permet aux laboratoires nationaux de métrologie d'analyser comparativement leurs performances et étaye les programmes nationaux concernant :

- les découvertes et l'innovation scientifique,
- la production industrielle et le commerce international,
- la préservation de la qualité de vie et de l'environnement.

Nombre d'études ont été conduites par les gouvernements afin de quantifier les avantages apportés par le système métrologique mondial : des exemples concernant plusieurs États Membres peuvent être consultés sur le site internet du BIPM :

<http://www.bipm.org/fr/bipm/int/impact-studies.html>

Sont présentés ci-après deux de ces exemples :

- au Royaume-Uni, les avantages économiques résultant, au niveau national, de l'investissement public dans le domaine des mesures représentent des bénéfices de 5 000 millions de livres sterling pour un investissement de 40 millions (<http://www.berr.gov.uk/files/file32855.pdf>) ;
- le CIPM MRA permet aux laboratoires nationaux de métrologie de réaliser des économies estimées à 85 millions d'euros (<http://www.bipm.org/fr/cipm-mra/economic.html>) et a un impact potentiel de réduction des obstacles techniques au commerce international de 4 milliards d'euros par an.

Rôle de coordination du BIPM

Il est reconnu que l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA), qui existe depuis 1999, a conduit à réduire les obstacles techniques au commerce et a permis aux laboratoires nationaux de métrologie d'accroître leurs niveaux d'exigences et leurs performances. Les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de près d'une centaine d'États et entités économiques, ainsi que quatre organisations intergouvernementales, ont signé le CIPM MRA et un certain nombre d'autres États envisagent d'y participer. Actuellement, la base de données sur les comparaisons clés (KCDB), gérée par le BIPM, contient plus de 1 200 comparaisons d'étalons de mesure effectuées dans le cadre du CIPM MRA et près de 25 000 données examinées par des pairs qui répertorient les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) des laboratoires nationaux de métrologie (et des laboratoires désignés). Une étude récente sur les visiteurs de la KCDB montre que près de 25 % de l'ensemble des personnes consultant des résultats de comparaisons, et près de 35 % de celles consultant des CMCs, ne font pas directement partie de la communauté de la métrologie, ce qui confirme que le CIPM MRA

acquiert une visibilité croissante au sein d'une communauté d'utilisateurs de plus en plus large.

Aujourd'hui, le CIPM MRA constitue le fondement d'un système rapidement accessible de reconnaissance internationale des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés. Le CIPM MRA est une ressource essentielle pour l'industrie et pour des milliers de laboratoires d'étalonnages et d'essais du monde entier. Il a récemment été adopté par l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) comme base officielle de la reconnaissance internationale de la traçabilité des mesures. Il est de moins en moins fréquent que des organismes de réglementation exigent que la traçabilité au SI soit assurée par leur laboratoire national car ces organismes sont de plus en plus nombreux à accepter le CIPM MRA comme le socle de la reconnaissance des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie. Le programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019 soutiendra le CIPM MRA : il est ainsi prévu de mener en 2015 un examen approfondi de sa mise en œuvre afin d'en optimiser l'efficacité et l'efficience.

Dans le domaine des dispositifs de diagnostic *in vitro*, le travail du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM), conduit par le BIPM en collaboration avec l'International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC) et l'ILAC, permet aux fabricants de démontrer qu'ils respectent les réglementations européennes en matière de traçabilité.

Le système unique des Comités consultatifs du CIPM, dont le BIPM assure la gestion, permet de rassembler les experts internationaux de nombreux laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'un certain nombre d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux. Les Comités consultatifs sont un lieu de discussion permettant de prendre des décisions sur le SI. Ils facilitent le transfert de connaissances et de technologies entre les laboratoires nationaux de métrologie et assurent la coordination des travaux de ces laboratoires, ce qui permet des économies de temps et d'argent.

Travail scientifique du BIPM

Le travail scientifique effectué par le BIPM se concentre sur la coordination des comparaisons internationales d'étalons nationaux de mesure de plus haute priorité et sur les travaux nécessaires à cet effet. Ainsi, le BIPM dispose des équipements spécifiques et du savoir-faire requis pour mener ces activités à frais partagés et doit, dans certains cas, établir et maintenir des étalons de référence appropriés. Le BIPM est par conséquent en mesure d'offrir certains services d'étalonnage spécifiques aux États Membres.

En termes d'avantages, le travail du BIPM permet notamment à l'ensemble des États Membres :

- de bénéficier de l'étalonnage gratuit de prototypes de masse en platine iridié. Le BIPM est également l'unique fournisseur de prototypes de masse en platine iridié qui constituent un élément clé de la dissémination, au plus haut niveau, du kilogramme ;
- de fournir des données pour le calcul de l'échelle de temps internationale, l'UTC, ce qui permet d'établir la traçabilité à la seconde du SI. Les États Membres peuvent ainsi tirer profit de leurs échelles de temps nationales, qui sont maintenues en cohérence avec l'UTC ;

- de bénéficier de comparaisons directes sur site dans les faisceaux de photons aux hautes énergies utilisés dans les accélérateurs cliniques. Les États Membres bénéficient ainsi du partage des coûts dans le domaine de la dosimétrie traçable au SI pour la radiothérapie, le radiodiagnostic et la radioprotection ;
- de bénéficier de comparaisons directes sur site de radionucléides à courte durée de vie pour la thérapie et le diagnostic en médecine nucléaire, ainsi que pour la sécurité nucléaire et la surveillance de l'environnement ;
- de participer à des comparaisons à l'aide des étalons voyageurs électriques uniques maintenus par le BIPM, qui constituent le seul moyen de comparer au plus haut niveau les étalons quantiques nationaux de tension et de résistance. Par ailleurs, les États Membres qui ne disposent pas d'étalons de tension à jonction de Josephson ou de résistance de Hall quantifiée peuvent bénéficier de services d'étalonnage fondés sur les étalons du BIPM ;
- d'étayer les aptitudes de mesure des laboratoires nationaux de métrologie dans le domaine des calibrateurs organiques purs, parmi lesquels les composés organiques (dont la masse atomique est comprise entre 100 Da et 10 kDa), ce qui permet d'établir la traçabilité des résultats de mesure pour la médecine clinique, l'environnement, l'alimentation, la médecine légale et la pharmacie. Cela est possible grâce au travail de coordination des comparaisons internationales en chimie organique effectué par le BIPM ;
- de s'assurer que les étalons nationaux permettent d'obtenir des résultats de mesure au niveau métrologique requis pour contrôler sur le long terme le dioxyde de carbone et le méthane dans l'air (deux gaz à effet de serre majeurs) ainsi que pour surveiller l'ozone et les oxydes d'azote (deux polluants majeurs de l'air qui sont impliqués prioritairement dans le contrôle de la qualité de l'air afin de protéger la santé humaine). Cela est possible grâce au travail de coordination des comparaisons internationales des mélanges de gaz étalons effectué par le BIPM.

Ainsi, l'ensemble des États Membres bénéficient de l'accès aux équipements, aux services et au savoir-faire des laboratoires de pointe du BIPM, indépendants, neutres, et reconnus au niveau international.

Activités de liaison internationale du BIPM

Nombre d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux ont besoin de mesures correctes pour accomplir leur mission. Ainsi, l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO), ainsi que le BIPM et la communauté internationale de la métrologie, œuvrent à mettre en place une infrastructure intégrée de la qualité (métrologie, accréditation et normalisation), travail pour lequel une collaboration institutionnelle étroite est essentielle. D'autres entités reposent, dans une plus ou moins grande mesure, sur l'infrastructure métrologique pour pouvoir effectuer leur mission avec efficacité.

Au total, le BIPM entretient des relations institutionnelles et/ou techniques avec plus de trente organisations intergouvernementales et organismes internationaux, l'objectif étant de diffuser les meilleures pratiques métrologiques et de promouvoir les avantages de l'infrastructure mondiale de métrologie.

Le BIPM a établi une stratégie à long terme en matière de collaboration internationale qui distingue d'une part les relations institutionnelles de long terme (qui interviennent à un niveau auquel les laboratoires nationaux de métrologie n'ont pas accès individuellement), d'autre part les relations « d'ouverture » (où des spécialistes des laboratoires nationaux de métrologie pourraient être présents mais ne le sont pas, habituellement en raison d'une méconnaissance de la valeur de la traçabilité au SI). Dans le second cas, le rôle du BIPM est de fournir le savoir-faire technique nécessaire pour démontrer la fiabilité des mesures, tout en convainquant l'organisation partenaire de l'intérêt de participer à la communauté internationale de la métrologie. Lorsque cet objectif est atteint, et que la communauté des laboratoires nationaux de métrologie est suffisamment engagée, le BIPM est en mesure de réduire son implication.

Les relations du BIPM et de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) illustrent parfaitement cette stratégie. Au début des années 2000, reconnaissant le besoin de disposer de données normalisées, exactes et fiables en météorologie et en hydrologie, ainsi que dans d'autres domaines des sciences géophysiques, le BIPM et l'OMM ont convenu de coopérer. L'objectif commun était de garantir que les données provenant des programmes conduits sous les auspices de l'OMM étaient fondées sur des mesures traçables au SI. Cette collaboration s'est accélérée avec l'organisation d'un atelier commun en 2010 qui a conduit à la promulgation de toute une série de recommandations élaborées de manière conjointe par les deux organisations, et au cours duquel l'OMM a signé le CIPM MRA. L'OMM et ses parties prenantes interagissent désormais directement avec la communauté plus large des laboratoires nationaux de métrologie. Cet exemple montre l'importance et l'influence du BIPM en tant qu'organisation intergouvernementale, ainsi que son rôle stratégique lorsqu'il est question de promouvoir la comparabilité mondiale des mesures auprès d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux.

PROCESSUS D'ÉLABORATION DU PROGRAMME DE TRAVAIL DU BIPM

Le processus d'élaboration du présent projet de programme de travail est différent de celui précédemment appliqué. Il se fonde sur les étapes suivantes :

1. La mission, le rôle et les objectifs du BIPM ont été réexaminés par le CIPM et les commentaires formulés par les représentants des États Membres et les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie à ce sujet ont été pris en considération.
2. Chacun des Comités consultatifs du CIPM a préparé sa propre stratégie qui a été évaluée afin de s'assurer qu'elle répondait aux priorités les plus importantes de la métrologie au niveau international.
3. Les activités identifiées dans les stratégies des Comités consultatifs ont été examinées afin de déterminer s'il était justifié de les intégrer au programme de travail du BIPM.
4. Parallèlement à l'étape 3, les capacités techniques développées au sein des laboratoires du BIPM ont été évaluées par rapport aux critères utilisés dans la section ci-après afin de justifier les raisons pour lesquelles le BIPM maintient des activités de laboratoire dans certains domaines et non dans d'autres.
5. Le présent projet de programme de travail a été élaboré par le BIPM puis soumis au CIPM afin qu'il définisse un ordre de priorité pour les projets ayant le plus fort impact.

Ainsi, le projet de programme de travail est soumis pour examen et commentaires avant qu'une version « quasi définitive » soit préparée, en français et en anglais, afin d'être présentée à la CGPM lors de sa 25^e réunion.

Outre ces cinq étapes qui ont conduit à définir les projets proposés, l'élaboration de la stratégie du BIPM a permis de noter le rôle de plus en plus important joué par les chercheurs invités pour que le BIPM accomplisse sa mission avec succès. Ces scientifiques apportent leurs compétences au BIPM et contribuent à l'exécution du programme de travail du BIPM. En retour, il leur est offert une occasion unique de travailler au cœur du système métrologique mondial, d'élargir leurs perspectives et de tirer profit de l'expérience acquise au BIPM en travaillant sur des projets scientifiques et techniques. L'aide apportée par les laboratoires nationaux de métrologie afin de soutenir ces détachements a joué un rôle accru au cours des dernières années.

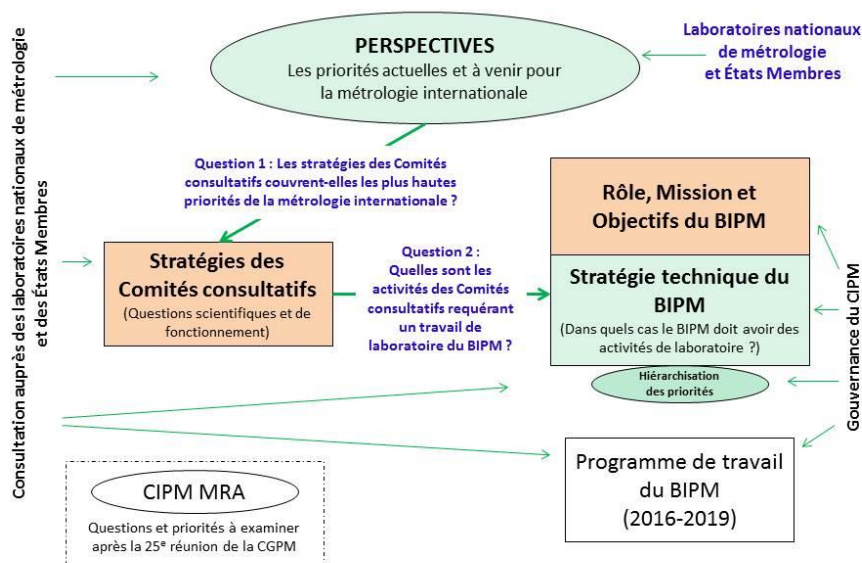


Figure 1 : Schéma du processus d'élaboration du programme de travail du BIPM

FONDEMENT DU PROGRAMME DE TRAVAIL SCIENTIFIQUE DU BIPM

Pourquoi le BIPM a-t-il des capacités techniques et des laboratoires dans certains domaines plutôt que d'autres ?

Au cours de l'exercice de planification stratégique qui a étayé l'élaboration du programme de travail du BIPM, il a été reconnu qu'il serait utile d'énoncer de façon plus claire les raisons pour lesquelles le BIPM maintient des capacités techniques dans certains domaines (masses, électricité, temps, rayonnements ionisants et chimie) plutôt que d'autres (acoustique, longueurs, photométrie et radiométrie, thermométrie). La mission, le rôle et les objectifs du BIPM constituent le fondement des décisions prises à ce sujet.

Acoustique, ultrasons et vibrations	Électricité et magnétisme	Longueurs	Masse et grandeurs apparentées
<p>Les applications métrologiques en acoustique, ultrasons et vibrations concernent de nouveaux domaines qui entrent pleinement dans le cadre des programmes de recherche des laboratoires nationaux de métrologie.</p>	<p>Le domaine de l'électricité et du magnétisme est un domaine fondamental de la métrologie physique moderne qui est essentiel à de nombreux autres domaines métrologiques (ainsi, tous les systèmes de mesure produisent ou utilisent des signaux électriques ; les balances du watt sont fondées sur des étalons électriques quantiques ; la thermométrie au niveau d'exactitude le plus élevé dépend de mesures de résistance).</p> <p>Les comparaisons de dispositifs quantiques nécessitent des équipements transportables spécifiques, tels que les étalons à effet Josephson et à effet Hall quantique, ainsi que des compétences spéciales.</p> <p>Les laboratoires nationaux de métrologie ne disposent pas d'expérience dans le domaine des mesures à l'aide d'étalons transportables.</p> <p>La réalisation de l'unité de capacité est difficile. Le condensateur calculable du BIPM permet de soutenir la révision du SI par la détermination expérimentale de la valeur de la constante de von Klitzing, R_K, et de renforcer par conséquent la comparaison des étalons de capacité et les étalonnages actuellement effectués.</p>	<p>La métrologie dimensionnelle est essentielle à de nombreux domaines et ses méthodes de mesure sont matures. Pour la plupart des applications, les incertitudes obtenues pour assurer la traçabilité à une réalisation du SI sont négligeables.</p> <p>La réalisation de la définition du mètre et le fait de piloter des comparaisons dans le domaine des longueurs sont des activités relativement matures, la comparabilité des mesures étant largement démontrée. Il pourrait, toutefois, être nécessaire à l'avenir de comparer des peignes de fréquence afin d'assurer la traçabilité à des mesures de longueurs d'onde absolues.</p>	<p>Masses : La nécessité de maintenir à long terme le prototype international du kilogramme et d'assurer la dissémination au niveau international de l'unité de masse requiert un laboratoire central et neutre afin de garantir la traçabilité mondiale des mesures de masse.</p> <p><i>Après la redéfinition :</i> la traçabilité à l'unité de masse du SI sera établie à partir de diverses réalisations primaires qui nécessitent des équipements expérimentaux complexes, parmi lesquelles la balance du watt du BIPM, ce qui requerra d'effectuer des comparaisons afin d'assurer l'uniformité des mesures de masse à l'échelle mondiale. Par ailleurs, étant donné l'éventuel faible nombre des futures réalisations primaires, il est nécessaire que soit mis en place un programme international centralisé permettant d'assurer un accès continu aux réalisations primaires (à l'aide de l'ensemble d'étalons de masse de référence et de la balance du watt du BIPM).</p> <p>Programme de laboratoire du BIPM -----</p> <p>Grandeurs apparentées : Les nombreuses activités appliquées dans ce domaine sont mieux couvertes par les laboratoires nationaux de métrologie.</p>
Pas de programme de laboratoire du BIPM	Programme de laboratoire du BIPM	Pas de programme de laboratoire du BIPM	Pas de programme de laboratoire du BIPM

Photométrie et radiométrie	Métrologie en chimie	Rayonnements ionisants	Thermométrie	Temps et fréquences
<p>Le domaine de la photométrie et de la radiométrie est relativement stable et les méthodes de mesure sont, pour la plupart, matures.</p> <p>Les laboratoires nationaux de métrologie assurent la comparabilité fondamentale des mesures aux niveaux requis à l'aide de radiomètres cryogéniques. Pour eux, l'accent dans ce domaine est de fournir leurs incertitudes de façon pratique et rentable pour les applications.</p> <p>(Des difficultés sont à noter pour évaluer les nouvelles sources d'éclairage telles que l'éclairage électroluminescent.)</p> <p>Pas de programme de laboratoire du BIPM</p>	<p>La métrologie en chimie est un domaine relativement récent avec une chaîne de traçabilité courte.</p> <p>Des mesures chimiques exactes sont en particulier fondamentales pour la qualité de la vie. Le domaine de la métrologie en chimie n'est pas encore mature et les conseils apportés aux laboratoires nationaux de métrologie sont précieux, en particulier pour les États dont les capacités métrologiques croissent rapidement.</p> <p>Le savoir-faire du BIPM en métrologie en chimie est essentiel pour assurer une collaboration efficace avec, en particulier, l'IFCC, l'OMM, l'OMS, le Codex Alimentarius, et d'autres organismes. Le programme du BIPM est fortement soutenu par les laboratoires nationaux de métrologie les plus importants et aussi par ceux de nombreux pays développés et en développement qui disposent déjà d'une infrastructure métrologique en physique et qui développent leur infrastructure métrologique en chimie.</p> <p>Les compétences spécialisées du BIPM en matière de comparaisons dans les domaines des gaz et de l'analyse de pureté ont permis de réduire les incertitudes pour ces mesures.</p> <p>Programme de laboratoire du BIPM</p>	<p>La métrologie des rayonnements ionisants a un fort effet sur la santé (radiothérapie, radiodiagnostic, médecine nucléaire) et le contrôle de la radioactivité dans l'environnement (sol, eau, atmosphère).</p> <p>Les comparaisons sont difficiles à effectuer (manipulation de radionucléides, radionucléides à courte durée de vie, faisceaux de rayonnement) et requièrent pour l'essentiel des systèmes de référence uniques au niveau international (SIR, faisceaux de rayonnement et étalons primaires aux caractéristiques parfaitement déterminées, équipements transportables dédiés tels que le calorimètre en graphite et l'instrument de transfert du SIR).</p> <p>Les incertitudes ont une incidence directe sur la communauté des utilisateurs.</p> <p>Le fait pour le BIPM de maintenir un programme de laboratoire dans le domaine des rayonnements ionisants lui permet d'asseoir son influence lors de ses contacts avec des parties prenantes telles que l'AIEA, l'OMS, l'IOMP, l'ICRU, l'ICRM, l'ICRP et l'IRPA.</p> <p>Programme de laboratoire du BIPM</p>	<p>La réalisation du kelvin et le fait de piloter des comparaisons sont des activités matures (il est à noter, toutefois, que la définition à venir du kelvin rend certaines parties de la mise en pratique moins matures). La comparabilité des mesures en thermométrie est largement démontrée.</p> <p>L'échelle internationale de température de 1990 (EIT-90) est réalisée par de nombreux laboratoires nationaux de métrologie.</p> <p>Pas de programme de laboratoire du BIPM</p>	<p>La métrologie du temps et des fréquences repose sur un système de référence unique et indépendant au niveau international.</p> <p>Ce domaine a un impact conséquent sur de nombreuses applications (navigation par satellite, télécommunications, gestion nationale du temps, sciences de la Terre et de l'espace, services d'horodatage).</p> <p>Les scientifiques expérimentés du BIPM, quand ils représentent les laboratoires nationaux de métrologie et promeuvent le SI, ont une influence significative lors de contacts avec, en particulier, l'UIT, l'UAI, l'UIGG, l'ICG, l'IGS, l'IERS et l'URSI et dans le domaine des systèmes satellitaires de navigation globaux (GNSS) civils.</p> <p>Programme de coordination du BIPM (et quelques activités de laboratoire)</p>

CRITÈRES ET PRINCIPES UTILISÉS AFIN DE DÉFINIR LES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES DU BIPM

Après avoir défini les domaines du travail scientifique du BIPM considérés comme prioritaires, le BIPM et les Comités consultatifs ont examiné parmi les nombreuses activités concurrentes quelles étaient celles devant être proposées au CIPM afin qu'elles soient intégrées au programme de travail du BIPM.

Toute activité proposée a été évaluée par rapport à une série de critères afin de déterminer si elle devait être prise en considération ou non, ce qui a permis d'obtenir un ensemble de projets de base. Les activités ne répondant pas aux critères établis n'ont pas été étudiées plus avant.

Un projet scientifique mené par le BIPM doit remplir au moins l'un des critères suivants :

a) Contribuer à l'établissement, au développement et à l'évolution du SI

Le projet doit permettre soit d'améliorer la réalisation des unités du SI, soit de mettre en place et de comparer des systèmes de mesure de référence permettant la réalisation de mesures traçables au SI.

b) Mettre à disposition des équipements de référence internationaux

Le projet doit permettre au BIPM de garantir la disponibilité à long terme d'équipements de référence internationaux utilisés par tous les États Membres.

c) Mettre en œuvre les activités confiées au BIPM dans le cadre de son mandat

Le projet comprend des activités dont l'exécution a été confiée au BIPM par la Convention du Mètre ou par des Résolutions de la CGPM, telles que :

- la responsabilité de conserver le kilogramme et d'effectuer les comparaisons nécessaires pour assurer l'uniformité mondiale des mesures,
- le rôle de calculer le TAI (et l'UTC).

d) Soutenir les programmes de comparaisons internationales des Comités consultatifs

La Convention du Mètre confère au BIPM la mission d'organiser et de piloter des comparaisons internationales. Les comparaisons pilotées par le BIPM ont pour objectif d'étayer les programmes d'études pilotes et de comparaisons clés mis en place par les Comités consultatifs dans le cadre du CIPM MRA.

e) Mettre au point des étalons de mesure et des aptitudes de comparaison améliorés ou de prochaine génération

Le projet doit permettre au BIPM de collaborer à des activités de recherche ayant pour objectif d'améliorer les équipements et aptitudes actuels, au siège du BIPM et dans les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres. Ce type de projet doit permettre d'améliorer ou de développer de nouveaux services et équipements de référence internationaux, de mener des comparaisons dans de nouveaux domaines d'activités, et de générer des détachements ou des collaborations avec les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres.

f) Proposer des services d'étalonnage requis par les États Membres

La Convention du Mètre confère au BIPM la mission d'effectuer des étalonnages pour les États Membres, les laboratoires nationaux de métrologie, ainsi que d'autres

entités. Les ressources du BIPM, financières et autres, ne lui permettent pas de proposer des étalonnages dans tous les domaines, même si l'activité scientifique concernée répond à un ou plusieurs autres critères précédemment mentionnés. Un service d'étalonnage mis en place ou maintenu par le BIPM (autre que les services mandatés) doit remplir les critères suivants :

- répondre aux besoins des États Membres ne disposant pas d'étalons primaires ou ne maintenant pas de méthodes de mesure primaires ;
- être fondé sur un équipement du BIPM dérivé d'un projet qui répond à d'autres critères ;
- être utilisé ou supposé être utilisé de façon régulière ;
- ne pas utiliser des ressources du BIPM requises pour des projets de plus haute priorité, en particulier lorsque des services similaires sont disponibles auprès des laboratoires nationaux de métrologie d'États Membres.

Des sous-projets peuvent inclure des étalonnages en interne lorsque cela permet d'étalonner directement d'autres équipements du BIPM, à des coûts optimaux et au niveau d'incertitude requis.

g) Mettre au point des étalons et méthodes de mesure de rang hiérarchique supérieur afin de soutenir des secteurs clés

Le projet doit permettre de mettre au point des étalons et méthodes de mesure de rang hiérarchique supérieur pour des secteurs clés identifiés par les Comités consultatifs comme hautement prioritaires pour les laboratoires nationaux de métrologie.

h) Fournir des aptitudes à frais partagés selon les besoins des États Membres

Certains projets présentent l'avantage de mettre en place ou de maintenir une aptitude à frais partagés pour le compte de la communauté internationale de la métrologie.

Lors de l'élaboration du programme de travail du BIPM, le CIPM a examiné chaque projet par rapport aux critères précédemment décrits. Toutefois, le programme de travail a également été envisagé dans une perspective plus large. Certains projets ne sont viables que si d'autres aptitudes existent (c'est le cas notamment de la balance du watt qui requiert qu'un certain nombre d'autres aptitudes soient disponibles au BIPM). Les compétences des membres du personnel du BIPM doivent être suffisamment pointues et variées pour que le BIPM puisse collaborer avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux clés dont les activités dépendent de façon significative de l'infrastructure métrologique. Par ailleurs, comme précédemment mentionné, le CIPM doit tenir compte des compétences et aptitudes déjà existantes au BIPM ; il ne serait ni pratique ni raisonnable d'utiliser les ressources des États Membres dans l'objectif de changer complètement l'orientation et le contenu scientifique du programme de travail du BIPM tous les quatre ans afin de traiter les thèmes en vogue.

Par ailleurs, le CIPM a pris en considération le fait de savoir, pour chaque projet, si le BIPM occupe une position unique pour effectuer le travail requis et si les projets sont complémentaires à ceux menés par les laboratoires nationaux de métrologie. Le principe clé est celui de la « valeur ajoutée » : le fait que le travail soit effectué par le BIPM plutôt que par des laboratoires nationaux de métrologie doit pouvoir être justifié de façon précise. Le

CIPM a également examiné la question de savoir s'il était rentable que le projet soit réalisé par le BIPM et si le BIPM disposait des ressources nécessaires. Il est clair que tous les projets proposés doivent avoir le soutien des États Membres.

Dans certains cas, tels que la conservation du prototype international du kilogramme ou le calcul de l'UTC, le travail du BIPM est unique ; dans d'autres, le BIPM dispose d'étalons voyageurs spécifiques pour certaines comparaisons, par exemple les étalons transportables à effet Josephson et à effet Hall quantique, le calorimètre en graphite, l'instrument de transfert du SIR pour les radionucléides à courte durée de vie. Le travail du BIPM apporte des avantages aux États Membres car les coûts liés aux aptitudes de mesure du BIPM sont partagés : le BIPM est ainsi en mesure de développer des compétences spécifiques en matière de comparaisons dont les laboratoires nationaux de métrologie participants bénéficient. En outre, il a été vérifié pour chaque projet du programme de travail du BIPM qu'il était financièrement réalisable et efficient.

SECTION II : PROGRAMME DE TRAVAIL DU BIPM POUR LES ANNÉES 2016 À 2019

Le programme de travail du BIPM proposé pour les années 2016 à 2019 tient compte des données que chacun des Comités consultatifs a fournies dans le document de stratégie qu'il a élaboré au cours de 2012 et de 2013 dans le cadre du processus de planification consolidée. Il se fonde également sur les conclusions des discussions qui se sont tenues sur les activités du BIPM au cours de la réunion de 2013 des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie.

Par conséquent, une nouvelle approche a été adoptée :

- **Un thème unique pour la métrologie en physique** qui regroupe les projets dans les domaines des masses et de l'électricité, avec pour objectif :
 - d'accroître la flexibilité dans le déploiement du personnel,
 - de recentrer le projet de la balance du watt,
 - de garantir aux États Membres des services de mesure pérennes.
- **Une thématique sur le temps** comprenant le calcul, la dissémination et l'amélioration de l'échelle de temps internationale, qui permet :
 - d'étudier les avantages d'une redéfinition à venir de la seconde et d'une conservation du temps fondée sur des horloges optiques,
 - de promouvoir l'importance et les bénéfices de l'UTC et de la traçabilité au SI auprès des communautés internationales des télécommunications, de l'astronomie et des sciences de la Terre.
- **Une approche thématique pour formuler les projets dans les domaines de la chimie et des rayonnements ionisants**, qui permet :
 - de traiter les questions prioritaires au niveau international qui ont un impact direct sur la société,
 - d'assurer une approche cohérente entre diverses technologies afin d'avoir une plus grande marge de manœuvre lors de contacts avec des parties prenantes internationales (principalement l'AIEA, l'ICRM, l'ICRU, l'IOMP, l'OMM, et l'OMS).
- **Le travail de coordination internationale présenté dans un même thème pour tous les départements**, avec pour objectif :
 - d'avoir une approche plus cohérente,
 - d'augmenter la visibilité de la portée, de l'impact et du coût du travail de coordination, ce qui permet d'établir des priorités.
- **Un examen des services internes d'étalonnage**, compte tenu du fait que :
 - ces services sont généralement économiques mais peuvent toutefois utiliser des ressources qui, dès lors, ne sont pas consacrées à des projets majeurs ayant un impact direct sur les besoins les plus prioritaires,
 - ces services ne font pas partie des capacités uniques du BIPM.

MÉTROLOGIE EN PHYSIQUE

L'élaboration de la stratégie du BIPM a permis d'identifier des caractéristiques communes entre le travail du Département des masses et celui du Département de l'électricité. Les mesures effectuées dans les domaines des masses et de l'électricité sont omniprésentes et concernent de nombreux secteurs et technologies. Le fait de regrouper les projets des masses et de l'électricité en un thème unique permet non seulement de recentrer le projet de la balance du watt mais apporte également davantage de flexibilité dans le déploiement du personnel.

Activités clés de la métrologie en physique

Les nouvelles activités sont indiquées en italique

- **Dissémination du kilogramme dans l'air et *procédure de nettoyage dans l'air améliorée.***
- **Dissémination du kilogramme dans le vide.**
- **Travaux de recherche visant à améliorer la caractérisation de l'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM, puis à assurer sa maintenance :**
 - *obtention de nouvelles données sur l'efficacité de différentes méthodes de conservation des étalons dans différents environnements et études de surface.*
- **Amélioration de la balance du watt du BIPM, d'une répétabilité de 5×10^{-7} à une incertitude totale de 5×10^{-8} , afin de disposer d'une réalisation primaire du kilogramme après la redéfinition (en plus de celles maintenues par les laboratoires nationaux de métrologie).**
- **Coordination d'une comparaison des réalisations primaires de l'unité de masse (préalablement à la redéfinition du kilogramme) suivies de comparaisons clés bilatérales conduites après la redéfinition.**
- **Réalisation de la nouvelle définition du kilogramme à partir d'artefacts en silicium.**
- **Utilisation d'étalons transportables de tension à effet Josephson en courant continu dans le cadre de comparaisons.**
- **Mise en œuvre d'étalons transportables de tension à effet Josephson en courant alternatif pour des comparaisons.**
- **Mise en œuvre d'un étalon transportable de résistance de Hall quantifiée pour des comparaisons.**
- **Comparaisons à l'aide d'étalons de transfert (afin de pré-qualifier les laboratoires souhaitant participer à des comparaisons sur site de résistances de Hall quantifiées ou d'étalons de tension à effet Josephson).**
- **Réalisation d'un nouvel étalon de résistance transportable utilisant l'effet Hall quantique dans le graphène en remplacement de celui à base d'arséniure de gallium.**
- **Coordination d'une comparaison clé de mesures de capacité avec 15 à 20 laboratoires nationaux de métrologie.**

Stratégie pour la métrologie en physique

- Maintenir une balance du watt opérationnelle afin de disposer d'une réalisation primaire à long terme du kilogramme.
- Coordonner une comparaison des réalisations primaires du kilogramme maintenues dans les laboratoires nationaux de métrologie.
- Soutenir la dissémination de l'unité de masse :
 - en fabriquant des prototypes en platine iridié du kilogramme (service payant),
 - en effectuant, à la demande des laboratoires nationaux de métrologie, des étalonnages d'étalons de masse.
- Mettre en place et conduire des comparaisons sur site à l'aide d'étalons électriques quantiques transportables.
- Renforcer la comparaison en continu de capacité en la basant sur le condensateur calculable.
- Utiliser les équipements existants du BIPM pour effectuer les étalonnages de grandeurs électriques de la plus haute priorité requis par les laboratoires nationaux de métrologie.

Activités prioritaires en métrologie des masses

La mission du BIPM dans le domaine des masses est de continuer à assurer, pour l'ensemble des États Membres, des étalonnages de masse traçables à la définition actuelle du kilogramme et à sa nouvelle définition une fois que l'unité de masse aura été redéfinie, ce qui devrait avoir lieu en 2018. Après la redéfinition du kilogramme, le BIPM aura le rôle essentiel d'assurer l'uniformité mondiale des mesures de masse effectuées dans les laboratoires nationaux de métrologie à partir des réalisations primaires du kilogramme, à l'aide d'une balance du watt ou de sphères en silicium enrichi isotopiquement, en organisant des comparaisons. L'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM (également dénommé ERMS) constituera une référence stable pour ces comparaisons et sera utilisé pour disséminer l'unité de masse à partir du BIPM puisqu'il sera disponible en permanence. Afin d'améliorer les conditions de stockage à long terme des étalons constituant cet ensemble, le BIPM prévoit d'étudier la contamination de leur surface à l'aide de techniques d'analyse de surface sensibles, en coopération avec des laboratoires nationaux de métrologie. Le BIPM continuera à mettre au point sa propre balance du watt, l'objectif étant de permettre à l'ensemble des États Membres d'accéder à une réalisation primaire du kilogramme sur le long terme. La balance du watt peut également être utilisée afin de déterminer la constante de Planck.

Note concernant les tableaux : Les mois-personne (mois-pers.) sont calculés sur la base d'un membre du personnel travaillant à temps plein pendant 4 ans = 48 mois-personne.

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
M-A1	Dissémination de l'unité de masse (mesures dans l'air)		
M-A1.1	Fabrication de prototypes de 1 kg en platine iridié	1) Fabrication (par l'atelier du BIPM) de prototypes de 1 kg en platine iridié pour les États Membres. 2) Étalonnage de prototypes de 1 kg en platine iridié.	a) 10 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
M-A1.2	Étalonnage de prototypes nationaux ou d'étalons de masse de 1 kg	1) Réétalonnage de prototypes de 1 kg en platine iridié. 2) Étalonnage d'étalons de masse de 1 kg en acier inoxydable.	a) 30 mois-pers. b) 10 k€ c) 425 k€ (incluant un nouveau comparateur de masses aussi utilisé pour d'autres projets)
M-A1.3	Étalonnage d'étalons de travail par rapport à l'ensemble d'étalons de masse de référence L'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM sera lui-même relié aux réalisations primaires du kilogramme (M-A2.2) et constituera le fondement de la dissémination, par le BIPM, de l'unité de masse.	Traçabilité des étalons de travail à l'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM (M-A2).	a) 6 mois-pers. b) 10 k€ c) 0 k€

M-A1.4	<p>Mise au point d'une méthode améliorée de nettoyage dans l'air</p> <p>L'objectif est de mettre au point une méthode plus reproductible que la méthode traditionnelle de nettoyage-lavage, sans avoir besoin d'effectuer la procédure dans le vide.</p>	Méthode de nettoyage dans l'air améliorée et hautement reproductible.	<p>a) 6 mois-pers.</p> <p>b) 3 k€</p> <p>c) 20 k€</p>
M-A2	Ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM		
M-A2.1	<p>Maintenance du système de stockage</p>	<p>1) Évaluation de l'efficacité du système de stockage.</p> <p>2) Amélioration des conditions de stockage, en fonction des résultats des activités M-A2.2 et M-A2.3.</p>	<p>a) 13 mois-pers.</p> <p>b) 41,4 k€</p> <p>c) 60 k€</p>
M-A2.2	<p>Suivi des variations de masse des étalons</p> <p>L'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM sera utilisé pour disséminer l'unité de masse et servira de référence pour des comparaisons : il est donc nécessaire que la masse de chacun de ses étalons soit aussi stable que possible, ce qui requerra un suivi.</p>	<p>1) Comparaison de la masse des étalons aux autres étalons de l'ensemble.</p> <p>2) Lien de la masse moyenne de l'ensemble aux valeurs obtenues à l'aide des réalisations primaires.</p> <p>3) Modélisation des variations de masse de l'ensemble entre deux étalonnages successifs effectués à partir des réalisations primaires.</p>	<p>a) 17 mois-pers.</p> <p>b) 10 k€</p> <p>c) 0 k€</p>
M-A2.3	<p>Analyse de surface des étalons de masse de référence du BIPM (en coopération avec des laboratoires nationaux de métrologie)</p> <p>Le but est d'optimiser les conditions de stockage et la stabilité des masses, ainsi que d'expliquer les variations de masse observées.</p>	Caractérisation de la contamination de la surface des étalons.	<p>a) 10 mois-pers.</p> <p>b) 6 k€</p> <p>c) 30 k€</p>
M-A2.4	<p>Mise au point d'un modèle afin de faire le lien entre la contamination de surface et les variations de masse</p> <p>L'objectif est de pouvoir corriger les variations de masse à partir de la contamination de surface mesurée.</p>	Mise au point d'un modèle afin de déduire la variation de masse à partir de l'analyse de surface, en particulier pour les sphères en silicium (M-A5.1).	<p>a) 2 mois-pers.</p> <p>b) 0 k€</p> <p>c) 0 k€</p>
M-A2.5	<p>Étude de méthodes de nettoyage pour les étalons</p> <p>Les masses de l'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM doivent être aussi stables que possible. Il est nécessaire d'évaluer le besoin de nettoyer les étalons et d'étudier les meilleures méthodes de nettoyage.</p>	<p>Suivi de la masse des étalons de l'ensemble en fonction des techniques de nettoyage.</p> <p>Mise au point de procédures de nettoyage pour les étalons de l'ensemble, adaptées aux conditions de stockage.</p>	<p>a) 16 mois-pers.</p> <p>b) 10 k€</p> <p>c) 80 k€</p>

M-A3	Balance du watt		
M-A3.1	<p>Développement d'une balance du watt pleinement opérationnelle La balance du watt fournit une réalisation primaire de la nouvelle définition du kilogramme sur le long terme.</p>	<p>Balance du watt pleinement opérationnelle à quelques 10^{-8}, ce qui nécessite :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) une analyse des incertitudes dues à l'alignement et leur réduction au niveau de 1×10^{-8}, 2) une étude de la performance du nouvel interféromètre, 3) des séries de mesures afin d'évaluer la performance générale de l'expérience, 4) une comparaison du fonctionnement de la balance en mode conventionnel (deux phases) et en mode simultané, ce dernier étant spécifique à la balance du watt du BIPM, afin d'identifier les erreurs systématiques, 5) une étude du fonctionnement dans le vide, 6) l'amélioration continue de l'expérience suite aux activités des points 2 à 5 avec pour objectif d'atteindre une incertitude cible de quelques 10^{-8}. 	<p>a) 98 mois-pers. + 48 en détachement ou en contrat de durée déterminée b) 102,1 k€ c) 360 k€</p>
M-A3.2	<p>Référence pour l'alignement de la balance du watt Un solénoïde de précision est utilisé afin d'établir une référence pour l'alignement de la balance du watt.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Étalonnage de l'angle des miroirs sur la bobine de la balance du watt à mieux que 100 μrads. 2) Amélioration de l'expérience afin de réduire l'incertitude à environ 50 μrads. 	<p>a) 6 mois-pers. b) 2 k€ c) 0 k€</p>
M-A3.3	<p>Gravimétrie pour la balance du watt</p>	<p>Détermination de la valeur de l'accélération gravitationnelle locale.</p>	<p>a) 12 mois-pers. b) 0 k€ c) 100 k€</p>
M-A3.4	<p>Mesures de tension pour la balance du watt</p>	<p>Maintenance et amélioration de deux étalons de tension à effet Josephson.</p>	<p>a) 12 mois-pers. b) 5 k€ c) 0 k€</p>
M-A3.5	<p>Soutien général en métrologie électrique pour la balance du watt</p>	<p>Soutien apporté à la balance du watt pour toutes les questions liées aux mesures électriques.</p>	<p>a) 9 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€</p>

M-A4	Comparaisons des réalisations primaires de la nouvelle définition du kilogramme		
M-A4.1	Organisation d'une comparaison pilote des réalisations primaires préalablement à la redéfinition L'objectif est de tester, en 2014-2016, les principes de la mise en pratique <u>préalablement</u> à la redéfinition du kilogramme.	1) Comparaison pilote des réalisations primaires de la nouvelle définition. 2) Transfert (et maintenance) de la valeur de référence obtenue lors de la comparaison à l'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM.	a) 10 mois-pers. b) 4 k€ c) 0 k€
M-A4.2	Organisation d'une comparaison clé en continu du BIPM des réalisations primaires Le but est de garantir la dissémination uniforme de l'unité de masse à partir des multiples réalisations primaires <u>après</u> la redéfinition du kilogramme.	1) Comparaison clé en continu du BIPM des réalisations primaires, composée de comparaisons bilatérales entre des réalisations primaires individuelles et l'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM. 2) Mise à jour de la valeur moyenne attribuée à l'ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM.	a) 9 mois-pers. b) 2 k€ c) 0 k€
M-A5	Analyse de surface des sphères en silicium		
M-A5.1	Suivi de l'évolution de la masse dans le vide de sphères en silicium naturel ou enrichi ²⁸Si, conservées au BIPM (en coopération avec des laboratoires nationaux de métrologie) La caractérisation des changements de l'état de surface de sphères en ²⁸ Si, qui seront conservées au BIPM, permet de réaliser le kilogramme de cette façon, puisque les propriétés volumiques des sphères sont stables dans le temps.	Réalisation absolue du kilogramme une fois redéfini, à 20 µg près, à partir de la caractérisation de l'état de surface de sphères en silicium par ellipsométrie. Ces sphères auront été préalablement caractérisées (M-A2.4). Étant donné que les propriétés volumiques des sphères sont supposées être stables dans le temps, la réalisation équivaut à refaire des mesures XRCD.	a) 56 mois-pers. b) 18,8 k€ c) 150 k€
M-A6	Dissémination de l'unité de masse (mesures dans le vide)		
M-A6.1	Service d'étalonnage de masse dans le vide C'est un nouveau service d'étalonnage de masse dans le vide. Les futures réalisations primaires nécessitent des expériences qui fonctionnent dans le vide. Les futures comparaisons de masse (M-A4) comprendront donc également des mesures dans le vide.	Étalonnage d'étalons de masse, parmi lesquels des sphères en silicium, dans le vide, dans le cadre du service d'étalonnage et de la comparaison clé du BIPM des réalisations primaires (M-A4).	a) 18 mois-pers. b) 5 k€ c) 40 k€

M-A6.2	Fabrication d'artefacts de sorption pour les laboratoires nationaux de métrologie Ce service permet aux laboratoires nationaux de métrologie d'effectuer des transferts air-vide d'étalons de masse en suivant la technique mise au point par le BIPM.	Fabrication d'artefacts de sorption en platine iridié pour les laboratoires nationaux de métrologie.	a) 2 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
M-A7	Mesures auxiliaires concernant les étalons de masse		
M-A7.1	Détermination de la masse volumique/du volume d'étalons de masse Cela permet de calculer la correction de la poussée de l'air.	1) Détermination du volume de prototypes venant d'être fabriqués (M-A1.1). 2) Détermination du volume d'étalons en acier inoxydable, dans le cadre du service d'étalonnage de masse (activité M-A1.2).	a) 13 mois-pers. b) 7 k€ c) 60 k€
M-A7.2	Détermination du centre de gravité d'étalons de masse Cela permet de déterminer la correction correspondante.	Détermination du centre de gravité d'étalons en acier inoxydable avec poignée, dans le cadre du service d'étalonnage de masse (activité M-A1.2).	b) 1 k€ b) 0 k€ c) 0 k€
M-A7.3	Étalonnage de masses de sous-multiples du kilogramme Le but est d'étalonner la sensibilité des comparateurs de masse du BIPM.	Étalonnage de petites masses afin de déterminer la sensibilité de comparateurs de masses.	a) 6 mois-pers. b) 0 k€ c) 30 k€
M-A8	Services d'étalonnage internes		
M-8.1	Étalonnage de masse pour d'autres départements du BIPM	Étalonnages de masse effectués pour la balance du watt, pour le Département de la chimie et pour le Département des rayonnements ionisants.	a) 2 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
M-8.2	Étalonnage de jauges de pression Incertitude la plus critique pour évaluer la correction due à la poussée de l'air lors de l'étalonnage d'étalons de masse en acier inoxydable.	Étalonnage de jauges de pression pour plusieurs départements du BIPM (dont celui des masses).	a) 5 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€

Activités alternatives en métrologie des masses – non couvertes par la dotation proposée

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
M-A9	<i>Balance hydrostatique améliorée pour la détermination de la masse volumique et du volume de prototypes du kilogramme.</i>	<p>Balance hydrostatique améliorée pour la détermination de la masse volumique et du volume de prototypes du kilogramme.</p> <p>Le Département des masses effectue des déterminations de la masse volumique / du volume des nouveaux prototypes du kilogramme et des artefacts de surface (« piles ») qu'il fabrique pour les laboratoires nationaux de métrologie. Pour ces grandeurs, il assure également un service d'étalonnage des étalons de masse en acier inoxydable qui lui sont envoyés pour étalonnage. La masse volumique est une grandeur importante pour déterminer la correction pour la poussée dans l'air lorsque des masses de différents volumes sont comparées dans l'air. La balance existante fonctionne mais a plus de 15 ans : elle est difficile à utiliser et n'est pas optimisée pour mesurer les artefacts de surface nécessaires pour le transfert entre l'air et le vide.</p> <p>Ce projet consiste à construire une nouvelle balance qui serait plus pratique à utiliser et mieux adaptée aux mesures d'artefacts de surface.</p>	<p>a) 24 mois-pers. (détachement) b) 10 k€ c) 200 k€</p>
M-A10	Suivi de l'évolution de la masse de sphères en silicium par des analyses de surface.	<p>L'activité M-A5.1 a pour objectif de développer des techniques pour utiliser des sphères en silicium comme étalons de masse en analysant de façon périodique les modifications de leur surface et en les reliant aux variations de masse.</p> <p>Ce projet pourrait être soutenu par un scientifique en détachement qui connaît les techniques requises pour l'analyse de surface, le plus probablement par ellipsométrie à longueurs d'onde multiples, et en serait ainsi accéléré.</p>	<p>a) 12 mois-pers. (détachement) b) 0 k€ c) 0 k€</p>

Activités prioritaires en métrologie électrique

La mission du BIPM dans le domaine de l'électricité est de continuer à garantir aux laboratoires nationaux de métrologie l'accès à des méthodes permettant de comparer ou d'étalonner, au niveau d'incertitude le plus faible possible, leurs étalons primaires nationaux pour les grandeurs électriques les plus fondamentales (tension, résistance, capacité), à partir desquelles les autres grandeurs électriques peuvent être dérivées. À cette fin, le Département de l'électricité maintient des équipements de référence internationaux tels que l'étalon transportable de tension à effet Josephson, l'étalon transportable de résistance de Hall quantifiée, le condensateur calculable, ainsi que les systèmes de mesure associés. Une autre tâche importante du Département de l'électricité est d'apporter un soutien continu au projet de la balance du watt du BIPM (M-A3). Le département utilise également ses équipements pour déterminer la constante de von Klitzing à un niveau d'exactitude inégalé, ce qui est fondamental pour la mise en pratique des unités électriques.

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
E-A1	Étalon de tension de référence international		
E-A1.1	Comparaisons sur site d'étalons de tension à effet Josephson en courant continu Comparaison directe d'étalons de tension à effet Josephson à 1 V et 10 V à l'aide de l'étalon transportable du BIPM afin d'obtenir l'incertitude la plus faible possible.	1) Maintenance de l'étalon de tension à effet Josephson en courant continu et soutien aux activités A1.3 et A1.4. 2) Comparaisons bilatérales sur site à 1 V et 10 V dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K10.a/b (4 laboratoires participants) avec une incertitude relative estimée à 1×10^{-10} .	a) 28 mois-pers. b) 50,1 k€ c) 40 k€
E-A1.2	Comparaisons sur site d'étalons de tension à effet Josephson en courant alternatif Développement d'un futur service de comparaison pour les étalons de tension à effet Josephson en courant alternatif, en complément des comparaisons en courant continu (E-A1.1). Le système fonctionnera à l'aide d'un réfrigérateur cryogénique autonome de type Cryocooler afin de réduire la consommation d'hélium liquide.	1) Développement et maintenance d'un étalon de tension à effet Josephson en courant alternatif. 2) Développement et détermination des caractéristiques d'un étalon secondaire de tension en courant alternatif pour les comparaisons sur site. 3) Études pilotes afin de mettre en place un nouveau protocole pour les comparaisons clés sur site en continu du BIPM d'étalons de tension à effet Josephson en courant alternatif (2 laboratoires participants) avec une incertitude cible inférieure à 1×10^{-6} .	a) 46 mois-pers. + 12 en détachement b) 33,7 k€ c) 230 k€
E-A1.3	Comparaisons de tension à l'aide d'étalons de transfert à diodes Zener Comparaisons dédiées aux laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalons de tension à effet Josephson et étape préalable à la comparaison d'étalons de tension à effet Josephson (E-A1.1).	1) Maintenance des étalons secondaires de tension en courant continu du BIPM (à diodes Zener), également pour E-A1.4 2) Comparaisons bilatérales d'étalons de transfert à diodes Zener dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K11.a/b (4 laboratoires participants) avec une incertitude relative estimée à 5×10^{-8} .	a) 15 mois-pers. b) 10 k€ c) 0 k€

E-A1.4	Étalonnages d'étalons secondaires à diodes Zener Étalonnages pour les laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalon primaire de tension, à l'aide de systèmes de mesure déjà en place pour les activités de comparaison.	Étalonnage d'étalons secondaires à diodes Zener pour les laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas de réalisation primaire (6 certificats pour 4 laboratoires) et pour des clients internes (Département des rayonnements ionisants et balance du watt).	a) 3 mois-pers. b) 5 k€ c) 0 k€
--------	---	--	---------------------------------------

E-A2	Étalon de résistance de référence international		
E-A2.1	Comparaisons sur site d'étalons de résistance de Hall quantifiée Comparaison directe d'étalons de résistance de Hall quantifiée à l'aide de l'étalon transportable du BIPM avec pour objectif d'obtenir l'incertitude la plus faible possible.	<ol style="list-style-type: none"> Développement d'un nouvel étalon transportable de résistance de Hall quantifiée à base de graphène, pour un fonctionnement simplifié et une réduction des coûts. Comparaisons bilatérales sur site d'étalons de résistance de Hall quantifiée (y compris ceux à base de graphène) dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K12 (4 à 6 laboratoires participants) avec une incertitude relative estimée à 1×10^{-9}. Fondement de la réalisation du farad, E-A3. 	a) 46 mois-pers. b) 51,7 k€ c) 230 k€
E-A2.2	Comparaisons bilatérales de résistance à l'aide d'étalons de transfert de résistance Première étape avant la comparaison sur site (E-A2.1) et pour les laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalons de résistance de Hall quantifiée.	<ol style="list-style-type: none"> Maintenance des étalons secondaires de résistance du BIPM, également pour E-A2.3 Comparaisons bilatérales d'étalons de transfert de résistance dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K13.a/b (4 à 6 laboratoires participants) avec une incertitude relative estimée à 5×10^{-8}. 	a) 12 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
E-A2.3	Étalonnages d'étalons secondaires de résistance Étalonnages pour les laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalon primaire de résistance, à l'aide de systèmes de mesure déjà en place pour les activités de comparaison.	Étalonnage d'étalons secondaires de résistance pour les laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas de réalisation primaire (100 certificats pour 20 laboratoires) et pour des clients internes (Département des masses, Département des rayonnements ionisants et balance du watt).	a) 24 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€

E-A3	Étalon de capacité de référence international		
E-A3.1	Comparaisons bilatérales de capacité à l'aide d'étalons de transfert de capacité Comparaisons pour les laboratoires nationaux de métrologie souhaitant démontrer leurs aptitudes en matière d'étalonnage de capacité.	<ol style="list-style-type: none"> Maintenance des systèmes de mesure permettant de dériver l'unité de capacité de l'effet Hall quantique et/ou du condensateur calculable, et soutien aux activités E-A3.2 et E-A3.3. Comparaisons bilatérales d'étalons de transfert de capacité dans le cadre de la comparaison clé BIPM.EM-K14.a/b (4 à 6 laboratoires participants) avec une incertitude relative estimée à 5×10^{-8}. 	a) 16 mois-pers. b) 14,5 k€ c) 60 k€

E-A3.2	Comparaison clé du CCEM de capacité Les précédentes comparaisons de capacité n'ont pas été pleinement satisfaisantes et doivent donc être répétées. Le condensateur calculable et la résistance de Hall quantifiée seront utilisés comme références.	Organisation d'une comparaison clé du CCEM (15 à 20 laboratoires participants) selon le protocole de la comparaison clé BIPM.EM-K14 (E-A3.1) et coordination par le BIPM.	a) 14 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
E-A3.3	Étalonnages d'étalons secondaires de capacité Étalonnages pour les laboratoires nationaux de métrologie ne possédant pas d'étalon primaire de capacité.	Étalonnages d'étalons secondaires de capacité pour les laboratoires ne possédant pas de réalisation primaire du farad (100 certificats pour 20 laboratoires).	a) 18 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
E-A3.4	Effet Hall quantique en courant alternatif L'objectif est d'améliorer les mesures de la constante de von Klitzing dans le cadre de la mise en pratique de la nouvelle définition des unités électriques à l'aide du condensateur calculable	Détermination continue des caractéristiques de l'effet Hall quantique en courant alternatif afin d'améliorer les mesures de la constante de von Klitzing avec une incertitude cible de 5×10^{-9} et afin d'établir un étalon primaire d'impédance en courant alternatif.	a) 17 mois-pers. b) 10 k€ c) 30 k€

Activités alternatives en métrologie électrique – non couvertes par la dotation proposée

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
E-A4	Remplacement des comparaisons et étalonnages à 1Ω par d'autres à valeurs plus élevées ($1 \text{ M}\Omega$ à $1 \text{ G}\Omega$)	Comparaison sur site – extension des possibilités de la résistance de Hall quantifiée au domaine de valeurs de résistance allant du $\text{M}\Omega$ au $\text{G}\Omega$ (développement de ponts de mesure de résistances spéciaux) avec pour objectif d'atteindre des incertitudes de l'ordre de quelques 10^{-8} .	a) 24 mois-pers. b) 0 k€ c) 30 k€
EA5	Développement d'un programme de comparaisons pour les étalons quantiques de courant à effet tunnel mono électronique	Développement d'un équipement de référence à effet tunnel mono électronique pour la réalisation d'un étalon quantique de courant.	a) 48 mois-pers. b) 40 k€ c) 300 k€

MÉTROLOGIE DU TEMPS

Le BIPM joue un rôle unique dans le domaine de la métrologie du temps puisqu'il établit et dissémine le TAI et l'UTC.

Les interactions qu'il entretient avec la communauté mondiale sont de nature spécifique et concerne des acteurs bien définis dans le domaine du temps, de la navigation par satellite, de la géophysique et de l'astronomie. Le Temps atomique international (TAI) est une échelle uniforme, maintenue aussi proche que possible de la seconde du SI. Le Temps universel coordonné (UTC) est une échelle de temps atomique de référence, dérivée du TAI et tenant compte de la rotation de la Terre.

Activités clés de la métrologie du temps

Les nouvelles activités sont indiquées en italique

- **Calculer l'UTC, améliorer l'exactitude, la stabilité et la dissémination des références internationales de temps, et accroître leur accessibilité :**
 - en développant l'analyse de données obtenues à partir de nouvelles méthodes de comparaison de temps et de fréquences,
 - en optimisant les algorithmes nécessaires pour déterminer les caractéristiques des données d'horloges,
 - en réduisant le délai de publication de l'UTC et en maintenant les extrapolations appropriées.
- *Contribuer à comparer les étalons optiques avec la plus haute exactitude quelle que soit la distance les séparant, l'objectif étant qu'ils puissent être utilisés à l'avenir pour améliorer l'exactitude du TAI et qu'ils servent de base à l'examen d'une redéfinition de la seconde du SI.*
- **Contribuer à fournir un ensemble cohérent de références et modèles spatio-temporels utilisés pour des applications dans les sciences de la Terre et de l'espace.**

Stratégie pour la métrologie du temps

- Calculer, disséminer et améliorer l'échelle de temps de référence internationale par l'intégration de données fournies par des horloges atomiques et des étalons de fréquence maintenus dans les laboratoires nationaux de métrologie (et autres laboratoires participants).
- Contribuer à étudier les avantages d'une redéfinition à venir de la seconde et de la conservation du temps fondée sur des horloges optiques.
- Promouvoir l'importance et les bénéfices pour les communautés internationales des télécommunications, de l'astronomie et des sciences de la Terre, d'utiliser :
 - l'UTC,
 - des mesures de fréquence traçables au SI, et
 - des références spatio-temporelles communes.

Activités prioritaires en métrologie du temps

La mission du BIPM dans le domaine du temps est de réaliser et de disséminer l'échelle de temps internationale, le Temps atomique international (TAI), qui est une échelle uniforme, dont l'unité est maintenue aussi proche que possible de la seconde du SI. Le Temps universel coordonné (UTC) est une échelle de temps atomique dérivée du TAI qui permet de fournir une échelle de référence qui tient compte de la rotation de la Terre.

Les échelles de temps atomique, le TAI et l'UTC, sont disséminées chaque mois dans la *Circulaire T* du BIPM. Le *Rapport annuel du BIPM sur les activités du temps* fournit toutes les informations, données et résultats pertinents de l'année précédant sa publication. Des rapports sur les techniques de comparaison de temps et de fréquences sont également publiés régulièrement.

Le Département du temps conduit d'autres activités liées aux échelles de temps qui contribuent à améliorer les algorithmes de calcul et accroissent le savoir-faire du BIPM en matière de techniques de comparaisons horaires.

T-A1 Stabilité de fréquence et exactitude du TAI et de l'UTC

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
T-A1.1	<p>Comparaison de temps et de fréquence pour le calcul du TAI et de l'UTC</p> <p>Cela permet d'obtenir les différences entre deux réalisations de l'UTC maintenues par des laboratoires participants qui fournissent des données pour la comparaison clé dans le domaine du temps, CCTF-K001.UTC (<i>Circulaire T</i> mensuelle du BIPM), ainsi que le calcul hebdomadaire de l'UTC rapide (UTC_r).</p> <p><i>Les comparaisons de temps et de fréquence et les algorithmes sont les deux éléments clés de l'élaboration d'une échelle de temps.</i></p> <p><i>Laboratoires participants : 73 (2013)</i></p>	<p>1) Méthodes nouvelles et perfectionnées de comparaison d'horloges afin d'être appliquées à de nouvelles techniques, telles que mises en œuvre dans les laboratoires nationaux de métrologie, nécessaires pour exploiter pleinement les systèmes GNSS par le calcul de liaisons horaires multi-systèmes. En parallèle, ces méthodes combinées aux comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite contribueront à améliorer l'incertitude.</p> <p>Bénéfices : redondance des données, ce qui a un impact sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) la fiabilité des liaisons horaires ; (b) l'incertitude statistique des liaisons ; (c) la caractérisation des horloges ; (d) comme l'incertitude de la liaison horaire est la composante principale de l'incertitude de [UTC-UTC(<i>k</i>)], les comparaisons de temps améliorées auront un impact sur la traçabilité des réalisations locales UTC(<i>k</i>) à la seconde du SI ; (e) l'impact final concerne la stabilité des échelles de temps. 	<p>a) 92 mois-pers. + 12 en détachement b) 39 k€ c) 32 k€</p>

		<p>2) Application de nouvelles méthodes de comparaison de temps (hors GNSS et aller et retour sur satellite) à l'aide de fibres optiques à mesure qu'elles sont mises en œuvre entre les laboratoires participants. En 2013, seule une de ces liaisons entre deux laboratoires était opérationnelle ; il est attendu que le nombre de liaisons opérationnelles augmente de façon significative à moyen terme. Amélioration des liaisons horaires pour le calcul du TAI :</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) en augmentant la fiabilité des liaisons horaires par l'utilisation d'une technique indépendante ; (b) en améliorant l'incertitude statistique des liaisons horaires au niveau de la picoseconde ; (c) en améliorant l'incertitude de type B (étalonnage, en lien avec l'activité T-A2) ; (d) comme l'incertitude de la liaison horaire est la composante principale de l'incertitude de [UTC-UTC(<i>k</i>)], les comparaisons de temps améliorées auront un impact sur la traçabilité des réalisations locales UTC(<i>k</i>) à la seconde du SI ; (e) l'impact final concerne la stabilité des échelles de temps. <p>3) Méthodes fondées sur des techniques spatiales et sur la fibre optique pour des comparaisons à une incertitude cible relative de 10^{-18} afin de permettre les comparaisons d'horloges optiques. Bénéfices : lorsque les horloges optiques seront opérationnelles à des intervalles de temps appropriés, elles pourront être liées au système UTC tout en gardant leur niveau de précision et contribueront à améliorer l'exactitude des échelles de temps.</p> <p>4) Distribution des données et résultats de comparaisons entre laboratoires participant au calcul de l'UTC, ainsi que d'autres utilisateurs pertinents.</p> <p>5) CCTF-K001.UTC, <i>Circulaire T (70 participants en 2013, augmentation de 10 % attendue)</i>.</p>	
--	--	---	--

T-A1.2	<p>Algorithmes</p> <p>Développement de nouveaux algorithmes et mise à niveau des algorithmes déjà utilisés pour établir les échelles de temps (TAI et UTC dont les résultats sont publiés dans la <i>Circulaire T</i> mensuelle du BIPM, CCTF-K001.UTC, dans la solution hebdomadaire UTCr, dans l'échelle de temps annuelle TT(BIPM) et ses prédictions mensuelles).</p> <p><i>Les comparaisons de temps et de fréquence et les algorithmes sont les deux éléments clés de l'élaboration d'une échelle de temps.</i></p> <p><i>Laboratoires participants : 70 (2013)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Amélioration de la stabilité par des prédictions de fréquence d'horloges et des pesées adéquates, l'objectif étant d'améliorer la stabilité de fréquence actuellement de 3×10^{-16} d'un facteur deux. 2) Amélioration de l'exactitude par des mesures d'étalons primaires et secondaires de fréquence et par l'utilisation d'une procédure de pilotage de la fréquence, l'objectif étant d'améliorer l'exactitude de fréquence actuellement équivalente à quelques 10^{-16} d'un facteur deux. 3) Distribution des données et résultats de comparaisons entre laboratoires participant au calcul de l'UTC, ainsi que d'autres utilisateurs pertinents (quelque 200 données/résultats distribués par jour, disponibles sur un serveur ftp qui enregistre un nombre élevé de consultations). 4) Élaboration de l'échelle de temps TT(BIPM) : temps-coordonnée calculé au BIPM pour des applications scientifiques requérant une stabilité à long terme. TT(BIPM) a des applications dans certains domaines de l'astronomie (chronométrage de pulsars pour l'établissement d'une échelle de temps dynamique), de la recherche spatiale, etc. Son élaboration est issue de TAI mais avec un rôle majeur pour les étalons primaires de fréquence. L'introduction d'étalons secondaires (horloges optiques) nécessitera de modifier l'algorithme, ce qui aura un impact sur sa stabilité et son exactitude à long terme. L'échelle de temps TT(BIPM) est publiée chaque année en janvier (année -1), avec des extrapolations pour l'année en cours. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 48 mois-pers. + 12 en détachement b) 34 k€ c) 12 k€
T-A1.3	<p>UTC rapide</p> <p><i>Laboratoires participants : 40 (2013)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Publication de l'UTCr, l'UTC rapide permettant un accès hebdomadaire à l'UTC ; solution rapide fournissant une meilleure synchronisation des réalisations locales UTC(k) des laboratoires participants, ce qui leur permet en particulier d'améliorer leur réalisation locale UTC(k) servant de référence pour le pilotage du temps GNSS (<i>40 participants en 2013, 100 % d'augmentation attendue pour 2016-2019</i>). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 36 mois-pers. b) 6 k€ c) 22 k€

T-A2 Caractérisation des retards des équipements de comparaison de temps par systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) des laboratoires contribuant au TAI et à l'UTC

Tous les laboratoires participant au calcul de l'UTC sont équipés de récepteurs de temps GNSS qui fournissent des données utilisées pour comparer leurs horloges (T-A1). La comparaison entre l'horloge locale et l'horloge embarquée est effectuée au niveau du récepteur situé dans le laboratoire, alors que le signal envoyé par le satellite est réceptionné au

niveau de l'antenne avec un retard, avant même qu'il n'atteigne le point de comparaison. Par conséquent, mesurer ce retard est essentiel pour assurer la stabilité et l'exactitude du système de liaisons horaires de l'UTC. Le BIPM centralise les données de caractérisation des retards des équipements GNSS fournies par les laboratoires participants, cette tâche faisant partie des actions nécessaires au calcul de l'UTC. Il est généralement fait référence à cette activité sous l'appellation « étalonnage des récepteurs GNSS dans les laboratoires ».

Le résultat d'un étalonnage fait partie des données utilisées pour calculer les liaisons horaires pour le TAI et l'UTC (T-A1).

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
T-A2.1	<p>Maintenance des récepteurs voyageurs du BIPM et procédures d'étalonnage</p> <p>Les équipements du laboratoire du temps du BIPM sont principalement utilisés pour maintenir les étalons-récepteurs voyageurs du BIPM. L'ensemble de récepteurs est composé d'éléments semblables à ceux présents dans les laboratoires participants. Une partie de ces équipements est utilisée pour être transportée, alors que les autres équipements demeurent dans le laboratoire du temps du BIPM et servent de référence lors d'une campagne d'étalonnage. Une horloge atomique fournissant la référence de temps locale est nécessaire.</p> <p>En parallèle, le Département du temps élabore des stratégies afin de caractériser les retards en fonction de géométries, de procédures d'acquisition des données et de traitement statistique des mesures différents.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Caractérisation des équipements compatibles avec ceux utilisés dans les laboratoires nationaux de métrologie. 2) Étalons de référence fixes et voyageurs fiables et redondants. 3) Documents d'orientation et aide apportés aux laboratoires participants. 4) Protocoles techniques d'étalonnage. 5) Méthodes d'étalonnage visant à améliorer l'incertitude de la liaison horaire, qui reste la composante d'incertitude la plus importante d'UTC-UTC(k), l'objectif étant d'améliorer la valeur d'incertitude de type B actuellement de 5 ns d'au moins un facteur de deux. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 20 mois-pers. b) 0 k€ c) 170 k€

T-A2.2	<p>Réalisation de campagnes de mesure des retards des équipements pour les laboratoires pivots (laboratoires G1)</p> <p>Le BIPM organise et effectue des campagnes de mesure à l'aide d'étalons voyageurs auprès des laboratoires participants afin de mesurer les retards (relatifs) de leurs équipements GNSS. Les mesures sont analysées et traitées au BIPM et les résultats sont utilisés pour calculer les liaisons horaires. Une détermination absolue des retards peut aussi être réalisée à l'aide d'un système d'étalonnage absolu, conjointement mis au point par le BIPM et le CNES.</p>	<p>Typiquement deux campagnes de mesure des retards des équipements (ce qui requiert pour le BIPM d'envoyer des systèmes voyageurs sans accompagnement de membres du personnel) auprès de 15 laboratoires participants (laboratoires G1) au cours de 2016-2019 :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Estimation régulière des valeurs de l'incertitude de type B des liaisons horaires par l'étalonnage périodique des équipements GNSS d'un groupe déterminé de laboratoires nationaux de métrologie (éventuels laboratoires « pivots », laboratoires dans des régions sans organisation régionale de métrologie active ou organisée). 2) Amélioration des protocoles d'étalonnage. 3) Amélioration de l'exactitude des liaisons horaires de 5 ns à 2 ns. 4) Données de liaisons horaires utilisées pour la comparaison CCTF-K001.UTC, la <i>Circulaire T</i> du BIPM, et pour l'UTC rapide. 	<p>a) 18 mois-pers. + 12 en détachement b) 30 k€ c) 0 k€</p>
T-A2.3	<p>Coordination, avec les organisations régionales de métrologie, de campagnes d'étalonnage pour les laboratoires qui ne sont pas pivots (laboratoires G2) et lien des résultats au réseau de référence du BIPM, constitué par les laboratoires G1</p> <p>Les organisations régionales de métrologie organisent des campagnes d'étalonnage effectuées à l'aide de leurs propres étalons voyageurs afin de soutenir le BIPM dans le maintien de la stabilité du système de liaisons horaires. Le BIPM apporte des conseils aux organisations régionales de métrologie, établit des priorités et interagit avec elles pour la coordination des campagnes. Le BIPM valide les résultats des étalonnages des organisations régionales de métrologie, établit le lien au système du BIPM et décide des résultats à utiliser pour le calcul du TAI et de l'UTC.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Établissement de directives d'étalonnage, incluant des instructions techniques destinées aux organisations régionales de métrologie, ainsi que des protocoles permettant de relier les étalonnages au système de liaisons horaires du BIPM. 2) Estimation régulière des valeurs de l'incertitude de type B des liaisons horaires par l'étalonnage périodique des équipements GNSS d'un groupe défini par le BIPM d'environ 60 laboratoires. 3) Amélioration de l'exactitude des liaisons horaires de 5 ns à 2 ns. 4) Données de liaisons horaires utilisées pour la comparaison CCTF-K001.UTC, la <i>Circulaire T</i> du BIPM, et pour l'UTC rapide. 	<p>a) 10 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€</p>

T-A3 Utilisation d'étalons de fréquence de très grande exactitude - Représentations secondaires de la seconde

Cette activité présente un intérêt commun pour la métrologie du temps et la métrologie des longueurs. Les peignes de fréquence, traditionnellement associés aux comparaisons de longueur, sont désormais également utilisés en métrologie du temps.

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
T-A3.1	<p>Techniques de comparaison de temps et de fréquence pour des étalons optiques de très grande exactitude</p> <p>Étude et mise en œuvre des techniques. Coopération planifiée avec différents secteurs (agence spatiale française, laboratoires nationaux de métrologie).</p>	<p>1) Comparaison d'étalons optiques à une incertitude relative de quelques 10^{-18} sur de courtes et longues distances (liaisons continentales par fibres optiques) et de longues distances (comparaisons intercontinentales à l'aide de liaisons par aller et retour améliorées et de techniques spatiales à sens unique).</p> <p>2) Éléments à apporter à la discussion sur la redéfinition de la seconde (à partir de 2018).</p>	<p>a) 30 mois-pers. + 12 en détachement b) 30 k€ c) 0 k€</p>
T-A3.2	<p>Maintenance des équipements</p> <p>Les équipements seront utilisés pour (a) étudier la physique associée aux techniques de comparaison ; (b) développer des compétences en matière de traitement statistique des mesures utilisées pour établir les échelles de temps ; (c) caractériser les incertitudes de ces mesures ainsi que les étalonnages.</p> <p>Ces équipements consistent en : des peignes de fréquence et des terminaux dédiés au transfert de temps par liaisons micro-ondes ; un maser à hydrogène comme référence de fréquence.</p>	<p>1) Comparaison espace-Terre et Terre-Terre d'horloges atomiques dans le cadre du projet ACES à l'aide d'une liaison micro-ondes. Il est prévu d'utiliser un terminal dédié au BIPM. Ces activités seront menées en collaboration avec l'agence spatiale française (CNES).</p> <p>2) Comparaison d'étalons optiques à une incertitude relative de quelques 10^{-18} sur de courtes et longues distances.</p> <p>3) Amélioration de l'exactitude des liaisons horaires.</p> <p>4) Éléments à apporter à la discussion sur la redéfinition de la seconde (à partir de 2018).</p>	<p>a) 18 mois-pers. b) 0 k€ c) 350 k€</p>

Activités alternatives en métrologie du temps – non couvertes par la dotation proposée

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
T-A3.3	<p>Validation de peignes de fréquence Assurer la validation du nombre croissant de peignes de fréquence utilisés dans les laboratoires nationaux de métrologie, à des niveaux d'exactitude permettant de répondre aux besoins dans les domaines du temps et des longueurs, en tenant compte, en particulier, de l'émergence des horloges optiques.</p>	<p>Comparaison des peignes de fréquence des laboratoires nationaux de métrologie fondée sur le peigne de fréquence actuel du BIPM (pour un maximum de 5 laboratoires nationaux de métrologie pivots dans le domaine des longueurs et de 10 dans le domaine des fréquences). L'incertitude cible est de quelques 10^{-18} (exigences dans le domaine des fréquences) à quelques 10^{-16} (incertitude suffisante pour le domaine des longueurs).</p>	<p>a) 12 mois-pers. b) 20 k€ c) 10 k€</p>

MÉTROLOGIE DE LA CHIMIE ET DES RAYONNEMENTS IONISANTS

La métrologie de la chimie et des rayonnements ionisants concerne des activités sectorielles qui parfois se recoupent et qui permettent de répondre à des questions prioritaires au niveau international ayant un impact direct sur la société. La formulation des projets de la chimie et des rayonnements ionisants selon une nouvelle approche thématique apporte une plus grande cohérence entre diverses technologies et donne une plus grande influence au BIPM lors de ses contacts avec des parties prenantes internationales telles que l'AIEA et l'OMS.

Activités clés de la métrologie de la chimie et des rayonnements ionisants

Les nouvelles activités sont indiquées en italique

Coordonner des comparaisons afin d'assurer et d'améliorer l'équivalence internationale :

- d'étalons de référence pour la surveillance de l'ozone troposphérique,
- d'étalons de référence pour la surveillance de la qualité de l'air,
- d'étalons de référence pour l'étude des changements climatiques,
- des calibrateurs primaires organiques pour des applications dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie.

Chacune des activités comprendra de nouvelles substances chimiques à mesurer (préconisées par le CCQM).

Faciliter l'équivalence à long terme des mesures effectuées par les laboratoires nationaux de métrologie pour :

- les qualités de rayonnements des rayons x adoptées par le CCRI et couramment utilisées en radiothérapie et en radiodiagnostic,
- les faisceaux de rayonnement γ du ^{60}Co et du ^{137}Cs , et (éventuellement) d'électrons couramment utilisés en radiothérapie et/ou en radioprotection, et servant de référence pour les mesures calorimétriques dans les faisceaux de photons aux hautes énergies (accélérateurs médicaux),
- la référence de kerma dans l'air pour les sources de ^{192}Ir à des niveaux de dose élevés (et éventuellement une extension aux sources de ^{125}I à des niveaux de dose faibles) utilisée au niveau international pour des applications en curiethérapie,
- les émetteurs γ , β et α (SIR) couramment utilisés en médecine nucléaire ou apparaissant dans le cadre du contrôle du cycle nucléaire et de l'environnement,
- les radionucléides à courte durée de vie émetteurs de rayonnement γ (instrument de transfert du SIR) présentant un intérêt pour la médecine nucléaire, la tomographie par émission de positons et l'imagerie moléculaire.

Chacune des activités comprendra de nouvelles grandeurs et radionucléides (préconisés par le CCRI).

Stratégie pour la métrologie de la chimie et des rayonnements ionisants

Coordonner un nombre limité de comparaisons clés pour certaines grandeurs qui nécessitent des mesures de la plus haute exactitude et des valeurs de référence stables sur le long terme, et qui mettent en évidence les compétences de haut niveau requises dans les domaines de la chimie et des rayonnements ionisants sélectionnés pour répondre aux enjeux de la plus grande importance au niveau mondial. Ces comparaisons concernent notamment :

- les étalons de référence des gaz à effet de serre les plus puissants ainsi que de certains composés jouant un rôle sur la qualité de l'air, l'objectif étant de renforcer la traçabilité dans le cadre de la surveillance du changement climatique et de la protection de la population ;
- les matériaux organiques purs de référence afin de répondre aux exigences internationales en matière de traçabilité dans des secteurs clés (tels que la médecine de laboratoire, la médecine légale et la qualité des aliments) ;
- les mesures de référence de doses afin d'étayer le système de référence international dans les domaines de la radiothérapie, de la radioprotection et du radiodiagnostic ;
- les mesures de référence d'activité de radionucléides afin de soutenir le système de référence mondial dans les domaines de la santé humaine et de la protection de l'environnement.

Activités prioritaires en métrologie de la chimie

Les activités du BIPM dans le domaine de la chimie se concentrent sur les étalons de référence pour la qualité de l'air et le changement climatique, et sur les calibrateurs primaires pour des applications dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie. Le BIPM coordonne les comparaisons clés et les études pilotes considérées comme prioritaires par le CCQM afin de répondre aux exigences des laboratoires nationaux de métrologie concernant :

- les gaz à effet de serre et les composés ayant un impact sur la qualité de l'air (dont la comparaison clé BIPM.QM-K1 concernant l'ozone troposphérique), pour lesquels l'incertitude des étalons est critique, afin de pouvoir surveiller ces gaz au niveau international, sur le long terme et de façon précise ;
- l'évaluation de la pureté de calibrateurs organiques purs (qui fournissent la source de la chaîne de traçabilité pour les mesures de quantité de matière d'espèces organiques utilisées dans un grand nombre d'applications dans les domaines de la médecine clinique, de l'environnement, des aliments, de la médecine légale et du dopage dans le sport) ; le BIPM assurera la coordination de quatre comparaisons clés en continu du CCQM couvrant toutes les CMCs concernant des molécules organiques de petite taille, avec un modèle étendu de comparaisons pour les molécules organiques de grande taille.

C-A1 Équivalence internationale des étalons de référence pour la surveillance de la qualité de l'air et du changement climatique

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
C-A1.1	<p>Étalon de référence international pour l'ozone troposphérique</p> <p>Coordination de comparaisons afin d'assurer et d'améliorer l'équivalence internationale des étalons de référence pour l'ozone troposphérique.</p>	<p>1) Comparaisons bilatérales dans le cadre de la coordination de la comparaison clé BIPM.QM-K1 (2016-2019). <i>Laboratoires participants : 20</i></p> <p>2) Comparaison à l'aide de méthodes indépendantes afin de vérifier la stabilité du système et d'en améliorer l'exactitude.</p> <p>3) Coordination des comparaisons CCQM-Kxx et CCQM-Pyy (comparaison clé d'étalons de référence de monoxyde d'azote et coordination d'une étude pilote sur la spectroscopie) (2016). <i>Laboratoires participants : 30</i></p>	<p>1) a) 19 mois-pers. b) 30,5 k€ c) 24 k€</p> <p>2) a) 10 mois-pers. b) 34,5 k€ c) 3 k€</p> <p>3) a) 28 mois-pers. + 6 en détachement b) 38,5 k€ c) 18 k€</p>

C-A1.2	<p>Systèmes dynamiques pour les comparaisons d'étalons de référence pour la qualité de l'air</p> <p>Coordination de comparaisons afin d'assurer et d'améliorer l'équivalence internationale des étalons de référence pour la qualité de l'air.</p>	<p>1) Coordination de la répétition de la comparaison clé CCQM-K74 d'étalons de référence pour le dioxyde d'azote (2017). <i>Laboratoires participants : 15</i></p> <p>2) Maintenance et développement d'un système dynamique pour les mélanges de formaldéhyde dans l'azote pour une répétition de la comparaison clé CCQM-K90.</p> <p>3) Coordination de la comparaison clé CCQM-Kxx sur les gaz réactifs (2018), développement d'un équipement et comparaison d'étalons de référence pour la qualité de l'air. <i>Laboratoires participants : 15</i></p>	<p>1) a) 28 mois-pers. b) 71,5 k€ c) 44,5 k€</p> <p>2) a) 11 mois-pers. b) 39,5 k€ c) 38 k€</p> <p>3) a) 35 mois-pers. + 6 en détachement b) 73,5 k€ c) 113 k€</p>
C-A1.3	<p>Équipement de référence international pour la comparaison d'étalons primaires de gaz à effet de serre</p> <p>Coordination de comparaisons afin d'assurer et d'améliorer l'équivalence internationale des étalons de gaz nécessaires à la surveillance du changement climatique.</p>	<p>1) Achèvement de la comparaison clé sur le dioxyde de carbone et maintenance des équipements concernant le méthane (répétition de la comparaison clé CCQM-K52) (début en 2015). <i>Laboratoires participants : 20</i></p> <p>2) Mise au point de méthodes permettant de réduire les incertitudes lors de comparaisons de gaz à effet de serre.</p>	<p>1) a) 16 mois-pers. b) 11,5 k€ c) 3 k€</p> <p>2) a) 26 mois-pers. + 6 en détachement b) 50,5 k€ c) 113 k€</p>

C-A2 Équivalence internationale des calibrateurs primaires organiques pour des applications dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
C-A2.1	<p>Comparaisons de référence de calibrateurs primaires organiques de molécules de petite taille (matériaux purs)</p> <p>Coordination de comparaisons afin d'assurer et d'améliorer l'équivalence internationale des calibrateurs organiques purs pour des applications dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie.</p> <p><i>Laboratoires participants : 80</i></p>	<p>1) Méthode de détermination des caractéristiques, coordination de la répétition de la comparaison clé CCQM-K55.c.1 (matériaux polaires organiques, 300 Da à 500 Da) (2019). <i>Laboratoires participants : 30</i></p> <p>2) Coordination de la répétition de la comparaison clé CCQM-K55.a.1 (matériaux non polaires organiques, 100 Da à 300 Da) (2017). <i>Laboratoires participants : 30</i></p> <p>3) Mise au point et publication de méthodes spectroscopiques pour les comparaisons de pureté.</p>	<p>1) a) 42 mois-pers. b) 66 k€ c) 350 k€</p> <p>2) a) 23 mois-pers. b) 66 k€ c) 50 k€</p> <p>3) a) 40 mois-pers. +12 en détachement b) 178 k€ c) 0 k€</p>

C-A2.2	<p>Comparaisons de référence de calibrateurs primaires organiques de molécules de petite taille (solutions d'étalonnage)</p> <p>Coordination de comparaisons afin d'assurer et d'améliorer l'équivalence internationale des calibrateurs organiques purs avec des applications dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie.</p>	<p>1) Achèvement de la comparaison de solution d'étalonnage CCQM-K78.a (solution polaire à plusieurs composants) (2015). <i>Laboratoires participants : 30</i></p> <p>2) Méthodes de détermination des caractéristiques d'une solution d'étalonnage non polaire à plusieurs composants.</p> <p>3) Préparation de la répétition de la comparaison clé de solution d'étalonnage CCQM-K78.b (solution non polaire à plusieurs composants) (2020).</p>	<p>1) a) 8 mois-pers. b) 18 k€ b) 8,5 k€</p> <p>2) a) 24 mois-pers. b) 53 k€ c) 0 k€</p> <p>3) a) 6 mois-pers. b) 47 k€ c) 0 k€</p>
C-A2.3	<p>Mise au point de méthodes de référence pour les calibrateurs primaires organiques de molécules de grande taille et leur comparaison</p> <p>Coordination de comparaisons afin d'assurer et d'améliorer l'équivalence internationale des calibrateurs primaires organiques pour des applications dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de la médecine légale et de la pharmacie.</p>	<p>1) Mise au point et publication de méthodes de détermination des caractéristiques des calibrateurs primaires de molécules de grande taille.</p> <p>2) Achèvement de la comparaison clé de pureté CCQM-K115 (2015), pureté du peptide C (1 kDa à 5 kDa). <i>Laboratoires participants : 16</i></p> <p>3) Coordination de la comparaison clé CCQM-Kxx de calibrateurs primaires organiques (5 kDa à 10 kDa), comparaison de calibrateurs primaires organiques de molécule de grande taille <i>Laboratoires participants : 16</i></p>	<p>1) a) 32 mois-pers. + 6 en détachement b) 66 k€ c) 8 k€</p> <p>2) a) 26 mois-pers. b) 31 k€ c) 0 k€</p> <p>3) a) 30 mois-pers. b) 52,5 k€ c) 0 k€</p>

Activités alternatives en métrologie de la chimie – non couvertes par la dotation proposée

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
C-A1.3.1	Équipement de référence international pour la comparaison d'étalons primaires de gaz à effet de serre	1) Mise au point d'équipements et de méthodes pour assigner une valeur des rapports isotopiques dans les étalons de CO ₂ . 2) Achèvement des études de stabilité concernant les étalons de transfert de la comparaison clé. 3) Coordination de la comparaison clé CCQM-Kxx (2019) de mesure des rapports isotopiques dans les étalons de CO ₂ . <i>Laboratoires participants : 15</i>	a) 24 mois-pers. + 24 en post doc + 6 en détachement b) 75,5 k€ c) 450 k€
C-A2.1.1	Comparaisons de référence de calibrateurs primaires organiques de molécules de petite taille (matériaux purs)	1) Mise au point et publication de méthodes pour déterminer les caractéristiques de matériaux et solutions organiques primaires (500 Da à 1000 Da) utilisés comme calibrateurs. 2) Coordination de la comparaison clé CCQM-Kxx de pureté de matériaux et solutions organiques (2018). <i>Laboratoires participants : 20</i>	a) 42 mois-pers. + 6 en détachement b) 12 k€ c) 0 k€

Activités prioritaires en métrologie des rayonnements ionisants

L'objectif du programme pour les années 2016 à 2019 dans le domaine des rayonnements ionisants est d'apporter un soutien métrologique aux États Membres afin de renforcer la confiance dans les services que les laboratoires nationaux de métrologie offrent à leurs utilisateurs, en se fondant sur un ensemble bien défini et stable d'équipements de référence internationaux permettant de comparer les étalons nationaux de dosimétrie et de mesure d'activité des radionucléides, ainsi que d'établir leur équivalence et leur traçabilité pour des applications dans les domaines de la santé (radiothérapie, médecine nucléaire, radiodiagnostic), de l'industrie nucléaire, de l'étude de l'environnement et d'activités connexes.

IR-A1 Programme de dosimétrie pour l'équivalence internationale des mesures dans le domaine de la santé : radiothérapie, radiodiagnostic et radioprotection

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
IR-A1.1	<p>Dosimétrie pour les étalons à rayons x</p> <p>Comparaisons en continu BIPM.RI(I)-K2,-K3,-K7 de kerma dans l'air et de dose absorbée dans l'eau aux basses et moyennes énergies et pour la mammographie, à l'aide des équipements très stables du BIPM afin d'établir et de maintenir l'équivalence ou la traçabilité à long terme pour près de 20 qualités de rayonnements de rayons x adoptées par le CCRI et couramment utilisées en radiothérapie et en radiodiagnostic.</p> <p>Laboratoires participants : 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenir les étalons primaires du BIPM pour : <ul style="list-style-type: none"> - le taux de kerma dans l'air pour les rayons x aux basses énergies (5 qualités) et moyennes énergies (4 qualités), - la dose absorbée dans l'eau pour les rayons x aux moyennes énergies (4 qualités) (activité développée en 2013-2015), - le taux de kerma dans l'air pour la mammographie (4 qualités). 2) Effectuer des comparaisons clés bilatérales du BIPM (BIPM.RI(I)-K2, -K3, -K7) pour seize laboratoires nationaux. 3) Étalonner et déterminer les caractéristiques de 16 étalons pour les rayons x de laboratoires nationaux de métrologie, sur demande. 4) Remplacer un générateur haute tension pour les rayons x aux basses énergies en 2016. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 48 mois-pers. b) 22 k€ c) 90 k€

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
IR-A1.2	<p>Dosimétrie pour les étalons à rayons γ</p> <p>Comparaisons en continu BIPM.RI(I)-K1,-K4,-K5 et -K6 de kerma dans l'air et/ou de dose absorbée dans l'eau pour le ^{60}Co et le ^{137}Cs, à l'aide des équipements très stables du BIPM afin d'établir et de maintenir l'équivalence ou la traçabilité à long terme dans les faisceaux de ^{60}Co et ^{137}Cs, couramment utilisés en radiothérapie et/ou radioprotection et servant de référence pour les mesures calorimétriques dans les faisceaux de photons aux hautes énergies (accélérateurs médicaux).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenir les étalons primaires du BIPM pour : <ul style="list-style-type: none"> - le taux de kerma dans l'air dans les faisceaux de ^{60}Co et ^{137}Cs pour la radiothérapie et la radioprotection (BIPM.RI(I)-K1, K5), - la dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux de ^{60}Co (radiothérapie, BIPM.RI(I)-K4), - l'établissement d'une référence par rapport au calorimètre étalon en graphite pour la dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux aux hautes énergies (BIPM.RI(I)-K6). 2) Effectuer des comparaisons clés bilatérales du BIPM (-K1, -K4, -K5) pour vingt laboratoires nationaux. 3) Déterminer les caractéristiques de 40 étalons nationaux et les étalonner (sur demande). 4) Remplacer une source de ^{60}Co en 2017. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 60 mois-pers. b) 30 k€ c) 20 k€ + 200 k€ (nouvelle source de ^{60}Co en 2017)
IR-A1.3	<p>Dosimétrie aux hautes énergies (dosimétrie des accélérateurs)</p> <p>Comparaisons en continu BIPM.RI(I)-K6 de dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux de photons aux hautes énergies, à l'aide du calorimètre en graphite transportable du BIPM utilisé sur site dans les laboratoires nationaux de métrologie afin d'établir et de maintenir l'équivalence et la traçabilité à long terme de la dose absorbée dans les faisceaux de photons aux hautes énergies, avec une extension éventuelle aux électrons (voir IR-A1.5 dans les activités alternatives), actuellement utilisés dans la plupart des applications de radiothérapie.</p> <p>Laboratoires participants : 16</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenir le calorimètre étalon transportable afin d'assurer une traçabilité robuste pour la dose absorbée, par des comparaisons sur site et par la détermination des caractéristiques d'étalons nationaux. 2) Effectuer des comparaisons sur site dans les laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre de la comparaison clé BIPM.RI(I)-K6. 3) Poursuivre l'étude d'un scénario optimal à long terme permettant de maintenir les comparaisons BIPM.RI(I)-K6 à l'aide du calorimètre étalon en graphite du BIPM. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 63 mois-pers. b) 97 k€ c) 15 k€

IR-A1.4	<p>Curiethérapie</p> <p>Comparaisons en continu BIPM.RI(I)-K8 de taux de référence de kerma dans l'air à l'aide de deux instruments de transfert transportables utilisés sur site dans les laboratoires nationaux de métrologie</p> <p><i>afin d'établir et de maintenir l'équivalence à long terme des mesures de kerma dans l'air pour les sources de ¹⁹²Ir à des niveaux de dose élevés, avec une extension éventuelle aux sources de ¹²⁵I à des niveaux de dose faibles, utilisées au niveau international pour des applications de curiethérapie.</i></p> <p>Laboratoires participants : 15</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenir les étalons de transfert du BIPM (chambres en dés et chambres à puits) pour la curiethérapie. 2) Effectuer dans le cadre de la comparaison clé BIPM.RI(I)-K8 quatre comparaisons sur site de mesures de kerma dans l'air pour les sources de ¹⁹²Ir à des niveaux de dose élevés, tel que cela a été décidé par le CCRI. 3) Étudier si la future mise au point d'un étalon primaire est faisable et pratique, une proposition devant être soumise au CCRI en 2017. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 12 mois-pers. b) 17 k€ c) 10 k€
---------	--	--	--

IR-A2 Programme de mesures d'activité de radionucléides pour l'équivalence internationale des mesures dans les domaines de la santé, de l'environnement et de l'industrie : médecine nucléaire, radiodiagnostic, tomographie par émission de positons, contrôle de la contamination des aliments ou de l'environnement, sûreté nucléaire

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
IR-A2.1	<p>Système de référence international (SIR) pour les émetteurs de rayonnement γ</p> <p>Comparaisons en continu BIPM.RI(II)-K1 de l'activité de solutions de radionucléides émetteurs de rayonnement γ, à l'aide de chambres d'ionisation à puits très stables et de sources de ²²⁶Ra afin d'établir et de maintenir l'équivalence pour plus de 60 radionucléides différents couramment utilisés en médecine nucléaire ou apparaissant dans le cadre du contrôle du cycle nucléaire et de l'environnement.</p> <p>Laboratoires participants : 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mettre au point et maintenir l'équipement du SIR pour les comparaisons clés à venir d'émetteurs γ. 2) Effectuer 40 comparaisons bilatérales « sur demande » dans le cadre de la comparaison clé BIPM.RI(II)-K1, couvrant (au minimum) : C-11 F-18 Na-22 Na-24 Sc-46 Sc-47 Cr-51 Mn-54 Mn-56 Co-56 Co-57 Co-58 Co-60 Fe-59 Cu-64 Zn-65 Ga-67 Se-75 Kr-85 Sr-85 Y-88 Nb-95 Mo-99 Tc-99m Ru-103 Ru-106 Cd-109 Ag-110m Ag-111 In-111 Sn-113 I-123 Sb-124 Sb-125 I-125 I-131 Ba-133 Xe-133 Cs-134 Cs-137 Ce-139 Ba-140 Ce-141 Ce-144 Eu-152 Gd-153 Sm-153 Eu-154 Eu-155 Ho-166m Yb-169 Lu-177 Ta-182 Re-186 Ir-192 Au-195 Tl-201 Hg-203 Pb-203 Bi-207 Rn-222 Th-228 Np-237 Am-241 Am-243. 3) Réduire le nombre total de comparaisons en continu à mettre au point une « matrice des méthodes de mesure » (MMM). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 45 mois-pers. b) 18 k€ c) 10 k€

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
IR-A2.2	<p>Système de référence international (SIR) pour les émetteurs de rayonnement β pur</p> <p>Comparaisons en continu BIPM.RI(II)-K1 de l'activité de solutions d'émetteurs de rayonnement β pur, à l'aide de méthodes de comptage par scintillation liquide <i>afin d'établir et de maintenir l'équivalence de près de 15 radionucléides différents couramment utilisés en médecine nucléaire et apparaissant dans le cadre du contrôle du cycle nucléaire et de l'environnement.</i></p> <p>Laboratoires participants : 20</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mettre au point, utiliser et maintenir un équipement du SIR pour les émetteurs de rayonnement β (mis en service en 2013-2015) pour de futures comparaisons clés. 2) Effectuer 20 comparaisons bilatérales dans le cadre de la comparaison clé BIPM.RI(II)-K1 couvrant (sur demande) : ^3H, ^{14}C, ^{32}P, ^{55}Fe, ^{63}Ni, ^{89}Sr, $^{90}\text{Sr/Y}$, ^{99}Tc, ^{147}Pm, ^{204}Tl ainsi que d'autres radionucléides requis par les laboratoires nationaux de métrologie. 3) Réduire au maximum les comparaisons actuelles CCRI(II)-K2 dont la logistique est lourde. 4) Réduire le nombre total de comparaisons en continu à mettre au point une « matrice des méthodes de mesure » (MMM). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 40 mois-pers. b) 22 k€ c) 0 k€
IR-A2.3	<p>Extension du SIR aux émetteurs de rayonnement α</p> <p>Mise en œuvre de méthodes afin d'étendre aux émetteurs de rayonnement α les comparaisons en continu BIPM.RI(II)-K1 d'activité de solutions de radionucléides <i>afin d'établir l'équivalence de près de 10 radionucléides présentant un intérêt pour le contrôle du cycle nucléaire, la médecine nucléaire, la radiothérapie et l'étude de l'environnement.</i></p> <p>Laboratoires participants : 10</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mettre au point et appliquer des méthodes de comptage de particules α par scintillation liquide ou à l'aide de détecteurs à angle solide défini. 2) Effectuer 10 comparaisons bilatérales dans le cadre de la comparaison clé BIPM.RI(II)-K1 couvrant (sur demande) : ^{241}Am, ^{223}Ra, ^{211}At, ^{238}Pu, ^{210}Po ainsi que d'autres radionucléides requis par les laboratoires nationaux de métrologie. <p>Ce travail, associé aux activités IR-A2.1 et IR-A2.2, permettra de couvrir les émetteurs α, β et γ les plus courants.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3) Réduire le nombre total de comparaisons en continu à mettre au point une « matrice de méthodes de mesure » (MMM). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 22 mois-pers. b) 12 k€ c) 15 k€

IR-A2.4	<p>Équipement de référence international pour la comparaison de radionucléides émetteurs de rayonnement γ à courte durée de vie</p> <p>Comparaisons en continu BIPM.RI(II)-K4 sur site de radionucléides à courte durée de vie, à l'aide de l'instrument de transfert transportable du SIR, afin d'établir l'équivalence de près de 10 radionucléides émetteurs de rayonnement γ à courte durée de vie présentant un intérêt pour la médecine nucléaire, la tomographie par émission de positons et l'imagerie moléculaire.</p> <p>Laboratoires participants : 15</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mettre au point et maintenir l'instrument de transfert du SIR pour des comparaisons sur site et l'étendre à de nouveaux radionucléides 2) Effectuer 8 comparaisons bilatérales dans le cadre de la comparaison clé BIPM.RI(II)-K4 couvrant (sur demande) : ^{99m}Tc, ^{18}F, ^{64}Cu, ^{11}C, ^{68}Ga, ^{211}At, ^{56}Mn ainsi que d'autres radionucléides requis par les laboratoires nationaux de métrologie. 3) Réduire le nombre total de comparaisons en continu à mettre au point une « matrice des méthodes de mesure » (MMM). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 22 mois-pers. b) 28 k€ c) 30 k€
IR-A2.5	<p>Instruments de référence pour les mesures primaires</p> <p>Nouvelles entrées dans le SIR afin d'améliorer les valeurs de référence de comparaison clé qui n'ont pas été bien établies, en utilisant et en développant les compétences techniques des membres du personnel pour une coordination plus efficace des comparaisons afin d'améliorer les valeurs de référence de comparaison clé de près de 15 radionucléides, l'objectif étant d'étayer la traçabilité et l'équivalence des comparaisons d'activité de radionucléides.</p> <p>Laboratoires participants : 15</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenir et poursuivre le développement des systèmes de comptage des (anti)coïncidences $4\pi\beta\text{-}\gamma$ et de scintillation liquide de type TDCR (rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles). 2) Organiser une comparaison du CCRI pour le ^{109}Cd et participer à 2 comparaisons du CCRI selon le programme établi et la matrice des méthodes de mesure. 3) Établir les valeurs de référence manquantes pour : ^{47}Sc, ^{68}Ge, ^{111}Ag, ^{140}Ba, ^{155}Eu, ^{195}Au et améliorer, en priorité, les valeurs de référence pour : ^{24}Na, ^{56}Co, ^{123}I, ^{124}Sb, ^{125}Sb, ^{153}Sm, ^{154}Eu, ^{166m}Ho, ^{177}Lu 	<ol style="list-style-type: none"> a) 12 mois-pers. b) 12 k€ c) 20 k€
IR-A2.6	<p>Établissement de l'aptitude opérationnelle de mesure d'émetteurs de rayonnement γ et β à faible niveau d'activité</p> <p>Développer l'aptitude de mesure de l'activité de faible niveau d'émetteurs de rayonnements β et γ afin de soutenir les comparaisons du CCRI concernant les programmes de coopération internationale dans le domaine de l'environnement et des matériaux de référence.</p> <p>Laboratoires participants : 12</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Acquérir et installer un détecteur NaI(Tl) de type puits $4\pi\text{-}\gamma$ pour les émetteurs de rayonnement γ, puis effectuer des simulations Monte Carlo. 2) Utiliser de façon opérationnelle le spectromètre existant Quantulus 1220 de chromatographie liquide-solide pour les émetteurs de rayonnement β. 3) Participer et organiser une comparaison du CCRI des mesures d'activité de faible niveau de matériaux contaminés. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 24 mois-pers. b) 10 k€ c) 20 k€ + 70 k€ (compteur γ)

IR-A2.7	<p>Développement d'une sauvegarde physique pour les sources de ²²⁶Ra du SIR</p> <p>Éviter l'obsolescence à long terme des sources de ²²⁶Ra (IR-A2.1) en les remplaçant par une source de courant absolu <i>afin de renforcer la robustesse à long terme du SIR, ce qui constituerait une sécurité supplémentaire pour l'équivalence de plus de 60 émetteurs de rayonnement γ couramment utilisés en médecine nucléaire ou apparaissant dans le cadre du contrôle du cycle nucléaire et de l'environnement.</i></p> <p>Laboratoires participants (reliés) : 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Étudier la faisabilité et éventuellement construire et mettre en œuvre une source de courant électronique de très grande stabilité et de reproductibilité élevée. 2) Mettre en œuvre en parallèle cette source électrique et en comparer les performances par rapport aux sources de ²²⁶Ra existantes. 3) En cas de réponse positive au point 1), remplacer progressivement les sources de ²²⁶Ra utilisées dans le SIR. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 19 mois-pers. b) 9 k€ c) 25 k€
---------	--	--	---

IR-A3 Service de thermométrie pour les départements du BIPM

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
IR-A3.1	Service interne du BIPM d'étalonnage en thermométrie	Service d'étalonnage interne de thermomètres à résistance de platine étalon et de thermomètres de laboratoire.	<ol style="list-style-type: none"> a) 12 mois-pers. b) 2 k€ c) 5 k€ + 65 k€ (remplacement d'un pont de précision)

Activités alternatives dans le domaine des rayonnements ionisants – non couvertes par la dotation proposée

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
IR-A1.3.1	Dosimétrie dans les faisceaux d'électrons aux hautes énergies (dosimétrie des accélérateurs) – calorimètre pour les faisceaux d'électrons aux hautes énergies <i>Voir IR-A1.3 des projets prioritaires pour plus d'informations.</i>	Mise au point d'un calorimètre étalon pour les faisceaux d'électrons aux hautes énergies, l'objectif étant d'assurer l'équivalence et la traçabilité de la dose absorbée dans les faisceaux d'électrons en comparant et en déterminant les caractéristiques des étalons nationaux. Activité requérant un membre du personnel supplémentaire ainsi que l'accès fréquent à un accélérateur.	<ol style="list-style-type: none"> a) 48 mois-pers. (1 nouveau membre du personnel) b) 10 k€ c) 35 k€
IR-A1.4.1	Curiothérapie <i>Voir IR-A1.4 des projets prioritaires pour plus d'informations.</i>	Extension aux sources de ¹²⁵ I sources, soumise à la décision de la Section I du CCRI en 2015 : quatre comparaisons.	<ol style="list-style-type: none"> a) 6 mois-pers. b) 12 k€ c) 35 k€

IR-A2.8	<p>Mise au point d'une chambre d'ionisation pour la réalisation du becquerel</p> <p>Éviter l'éventuelle obsolescence à venir (à long terme) des chambres d'ionisation du SIR (IR-A2.1) en utilisant une chambre de secours optimisée <i>afin de renforcer la robustesse à long terme du SIR, ce qui constituerait une sécurité supplémentaire pour l'équivalence de plus de 60 émetteurs de rayonnement γ couramment utilisés en médecine nucléaire ou apparaissant dans le cadre du contrôle du cycle nucléaire et de l'environnement.</i></p> <p>Laboratoires participants (reliés) : 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Analyse des conclusions du projet du Groupe de travail de la Section II du CCRI sur la réalisation du becquerel (concernant la conception d'une chambre robuste, très stable et reproductible) et décision concernant le fait de savoir si le projet est approprié par rapport au SIR du BIPM. 2) Si le projet est adéquat pour le BIPM, construction du premier prototype du BIPM, mise en service et utilisation en parallèle avec les chambres conventionnelles du SIR et comparaisons des performances. 3) Si le projet n'est pas adéquat, nécessité de prévoir une sauvegarde des chambres existantes à l'aide d'équipements du commerce. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 6 mois-pers. (+ charge de travail pour l'atelier du BIPM) b) 4 k€ c) 110 k€
IR-A2.9	<p>Mise au point d'un compteur de coïncidences de type sandwich pour les émetteurs de rayonnement β-γ</p> <p>Nouvel instrument de référence pour compléter les méthodes de mesure primaires (IR-A2.5) disponibles au BIPM et les compétences techniques des membres du personnel pour une coordination efficace des comparaisons, <i>comparaisons de radionucléides utilisés en médecine nucléaire ou apparaissant dans le cadre du contrôle du cycle nucléaire et de l'environnement.</i></p> <p>Laboratoires participants (reliés) : 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Conception, construction et installation de l'expérience. 2) Tests opérationnels à l'aide d'émetteurs β-γ. 3) Soutien aux comparaisons du CCRI (^{109}Cd) et du BIPM. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 18 mois-pers. b) 12 k€ c) 50 k€

RELATIONS INTERNATIONALES ET COORDINATION

Activités clés dans le domaine des relations internationales et de la coordination*Les nouvelles activités sont indiquées en italique*

- *Soutenir la mise en œuvre d'améliorations à apporter au CIPM MRA.*
- *Redéfinir et mettre en œuvre la stratégie du BIPM en matière de relations internationales et fixer des priorités concernant l'allocation des ressources utilisées dans le cadre des relations avec des parties prenantes clés et des organisations spécifiques.*
- Assurer le secrétariat exécutif des dix Comités consultatifs du CIPM, ainsi que celui du JCGM.
- Mettre au point et gérer une nouvelle version de la KCDB et du site internet du JCRB sur l'examen des CMCs et assurer le secrétariat exécutif du JCRB.
- Maintenir la base de données du JCTML et assurer le secrétariat du JCTLM.
- Assurer la liaison entre le BIPM/CIPM et des parties prenantes clés telles que les organisations régionales de métrologie, l'OIML, l'ILAC et l'ISO.
- Assurer la liaison entre le BIPM/CIPM et certaines organisations majeures spécifiques à un domaine, telles que l'AIEA, l'OMM, l'UIT, et plus d'une trentaine autres organisations.
- Informer et aider les États souhaitant devenir État Partie à la Convention du Mètre ou Associé à la CGPM.
- Faciliter la transition du statut d'Associé à celui d'État Membre.

Stratégie dans le domaine des relations internationales et de la coordination

Favoriser la coopération avec d'autres organisations intergouvernementales et promouvoir la comparabilité mondiale des mesures :

- en communiquant de façon efficace (avec les États Membres, de potentiels États Membres ou d'autres parties prenantes clés) sur la Convention du Mètre, le SI et le nouvel SI ;
- en assurant la coordination scientifique par la participation du BIPM à certains comités et groupes de travail de parties prenantes ;
- en améliorant et en promouvant la reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie (le CIPM MRA), en particulier en assurant la mise en œuvre de la KCDB et en soutenant le JCRB ;
- en promouvant l'importance de la comparabilité mondiale des mesures auprès des organisations internationales revêtant une importance stratégique pour la mission du BIPM, telles que l'OIML, l'ILAC, l'ISO, l'OMC ;
- en élaborant et en mettant en œuvre les meilleures pratiques afin de soutenir les Comités consultatifs et les Comités communs et en assurant leur secrétariat exécutif.

L'une des tâches majeures du BIPM est de coordonner les activités métrologiques internationales et de collaborer avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux revêtant de l'importance pour la métrologie ou intéressés par la métrologie. Cela concerne en particulier les activités des Comités consultatifs créés par le CIPM, qui réunissent les meilleurs experts des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres : le BIPM assure le secrétariat exécutif des Comités consultatifs, les secrétaires exécutifs étant choisis parmi les scientifiques de haut niveau du BIPM. Par ailleurs, le BIPM prépare, organise et accueille les réunions des Comités consultatifs qui se tiennent au siège du BIPM et apporte aux Comités, ainsi qu'à la plupart de leurs groupes de travail, son expertise scientifique. Les Comités consultatifs coordonnent les activités de recherche des laboratoires nationaux de métrologie dans le but d'améliorer la réalisation et la dissémination des unités du SI. Ils coordonnent également les comparaisons clés effectuées dans le cadre du CIPM MRA et discutent de sujets scientifiques généraux et, plus spécifiquement, du travail du BIPM.

Le CIPM MRA et la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) permettent d'assurer la reconnaissance internationale de l'équivalence des étalons nationaux de mesure et des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et des Associés. Le directeur du BIPM préside le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB), avec le soutien du secrétaire exécutif du JCRB en détachement au BIPM. Le CIPM a confié au JCRB la mission de coordonner les activités entre les organisations régionales de métrologie.

Les activités de liaison entre le BIPM et d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux revêtent une importance croissante. Cela est particulièrement le cas en ce qui concerne la coopération avec l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML). La collaboration avec l'ILAC est particulièrement importante pour garantir que les étalonnages effectués par les laboratoires accrédités sont traçables à des réalisations primaires du SI de laboratoires nationaux de métrologie. La KCDB est l'élément clé pour démontrer la traçabilité.

Parmi les autres organisations avec lesquelles le BIPM entretient des relations importantes et continues figurent l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation mondiale du commerce (OMC), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Union internationale des télécommunications (UIT). Au total, le BIPM entretient des relations institutionnelles et/ou techniques avec des comités ou groupes de travail spécifiques de plus d'une trentaine d'organisations.

Les comités communs sont une autre facette du travail de liaison et de coordination du BIPM. Le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) maintient et promeut l'utilisation du *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (également appelé GUM) et du *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés* (également appelé VIM). Présidé actuellement par le BIPM, qui en assure également le secrétariat exécutif et participe à ses groupes de travail, le JCGM compte les autres organisations membres suivantes : la Commission électrotechnique internationale (IEC), l'International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), l'ILAC, l'ISO, l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), l'International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) et l'OIML.

Le BIPM est membre du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) dont il assure le secrétariat et gère la base de données ; l'IFCC et l'ILAC participent également au JCTLM. Le JCTLM constitue une plateforme mondiale dont l'objectif est de promouvoir l'équivalence reconnue et approuvée au niveau international des mesures dans le domaine de la médecine de laboratoire, ainsi que leur traçabilité à des étalons appropriés, et de fournir des conseils dans ces domaines.

Le BIPM participe également au Réseau DCMAS (réseau de métrologie, d'accréditation et de normalisation pour les pays en développement) qui permet à diverses organisations d'échanger des informations et, lorsque cela est possible, de collaborer afin de soutenir les pays en développement ou en transition dans la mise en place de leur infrastructure métrologique, l'objectif étant d'assurer la pérennité de leur développement et de leur commerce. Outre le BIPM, le Réseau DCMAS compte parmi ses participants : la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-ONU), l'IEC, le Centre du commerce international (CCI), le Forum international de l'accréditation (IAF), l'ILAC, l'ISO, l'OIML, l'ONUDI et l'UIT.

Le BIPM encourage vivement les États qui ne participent pas encore aux activités du BIPM à devenir État Membre ou Associé. Par ailleurs, le BIPM met en place des activités de promotion de la métrologie au niveau international, notamment en produisant un poster et de la documentation promotionnelle pour la Journée mondiale de la métrologie qui est célébrée chaque année le 20 mai, jour anniversaire de la signature de la Convention du Mètre en 1875. La Journée mondiale de la métrologie, organisée conjointement par le BIPM et l'OIML, est devenue pour les laboratoires nationaux de métrologie un moyen privilégié pour sensibiliser le public et les parties prenantes à l'importance de la métrologie. De nombreux laboratoires affichent dans leurs locaux le poster de la Journée mondiale de la métrologie et organisent des événements nationaux ; le BIPM et l'OIML assurent l'hébergement du site internet consacré à la Journée mondiale de la métrologie.

Secrétariats exécutifs de comités et autres activités de liaison internationale au sein des départements scientifiques du BIPM

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
CM-A1	Coordination et soutien au CCM (masse et grandeurs apparentées)	Secrétariat exécutif du CCM, soutien général au CCM et à ses groupes de travail, ainsi que soutien spécifique concernant : 1) 2 réunions du CCM, 2) 4 réunions annuelles des groupes de travail du CCM, 3) la coordination de l'examen des rapports de comparaison des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie avant leur publication, 4) la coopération avec les organisations régionales de métrologie.	a) 16 mois-pers. b) 4,3 k€ c) 0 k€
CE-A1.1	Coordination et soutien au CCEM (électricité et magnétisme)	Secrétariat exécutif du CCEM, soutien général au CCEM et à ses groupes de travail, ainsi que soutien spécifique concernant : 1) 2 réunions du CCEM, 2) 4 réunions annuelles des groupes de travail du CCEM (12 réunions), 3) la coordination de l'examen des rapports de comparaison des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie avant leur publication, 4) la coopération avec les organisations régionales de métrologie.	a) 14 mois-pers. b) 8,4 k€ c) 0 k€
CE-A1.2	Coordination et soutien au CCPR (photométrie et radiométrie)	Secrétariat exécutif du CCPR, soutien général au CCPR et à ses groupes de travail, ainsi que soutien spécifique concernant : 1) 2 réunions du CCPR, 2) 4 réunions annuelles des groupes de travail du CCPR (12 réunions), 3) la coopération avec la Commission internationale de l'éclairage (CIE) et les organisations régionales de métrologie, 4) la coordination de l'examen des rapports de comparaison des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie avant leur publication, 5) la coopération avec les organisations régionales de métrologie.	a) 6 mois-pers. b) 2 k€ c) 0 k€

CT-A1.1	<p>Coordination et promotion des activités du temps du SI afin de faire progresser le développement des échelles de temps</p> <p>Activités en lien/coopération avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - UIT - IGS - ICG - Agences spatiales opérant des systèmes GNSS - Laboratoires nationaux de métrologie 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Échelles TAI/UTC/TT(BIPM) et leur maintenance, 2) Comparaisons de temps et de fréquences à l'aide de systèmes GNSS, 3) Coordination GNSS, 4) Soutien à la génération des échelles de temps des systèmes GNSS 5) Méthodes de comparaisons de temps et de fréquences. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 24 mois-pers. b) 120 k€ c) 0 k€
CT-A1.2	<p>Coordination et promotion des activités du temps du SI pour les applications scientifiques</p> <p>Activités en lien/coopération avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - IERS - UAI - UGGI/IAG - URSI 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Références spatio-temporelles, Conventions de l'IERS, 2) Échelles de temps pour l'astronomie, TT(BIPM), échelles de temps fondées sur les pulsars, 3) Références temporelles pour les applications géodésiques et géophysiques; références géodésiques. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 16 mois-pers. b) 50 k€ c) 0 k€
CT-A1.3	<p>Coordination et soutien au CCTF (temps et fréquences)</p>	<p>Secrétariat exécutif du CCTF, soutien général au CCTF et à ses groupes de travail, ainsi que soutien spécifique concernant :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) la coordination entre les laboratoires nationaux de métrologie pour maintenir l'UTC, 2) le suivi et la validation des activités et des projets du Département du temps du BIPM, 3) l'élaboration de plans stratégiques, 4) les comparaisons clés dans les domaines du temps et des fréquences, 5) la recommandation de fréquences étalons comme représentations secondaires de la seconde, 6) la participation aux groupes de travail. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 16 mois-pers. b) 25 k€ c) 0 k€
CT-A1.4	<p>Coordination et soutien au CCL (longueurs)</p>	<p>Secrétariat exécutif du CCL et soutien concernant :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) les réunions du CCL 2) la coordination entre les laboratoires nationaux de métrologie concernant les activités dans le domaine des longueurs, 3) l'élaboration de plans stratégiques, 4) les comparaisons clés dans le domaine des longueurs, ainsi que le soutien aux comparaisons de lasers stabilisés pilotés par des laboratoires nationaux de métrologie, 5) la recommandation de fréquences étalons pour la réalisation pratique du mètre, 6) la participation aux groupes de travail. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 4 mois-pers. b) 5 k€ c) 0 k€

CQM-A1.1	Coordination et soutien au CCQM (Quantité de matière : métrologie en chimie)	Secrétariat exécutif du CCQM et soutien concernant : 1) 4 sessions plénières du CCQM, 2) 9 groupes de travail du CCQM (36 réunions), 3) la participation au groupe d'experts examinant les rapports de comparaisons et d'études pilotes des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie avant leur publication, 4) l'élaboration de plans stratégiques, 5) la coopération avec les organisations régionales de métrologie.	a) 22 mois-pers. b) 42 k€ c) 0 k€
CQM-A1.2	Coordination des activités du JCTLM	Soutien concernant : 1) le Comité exécutif du JCTLM et ses groupes de travail (8 réunions), 2) la procédure de sélection et d'examen des propositions à intégrer à la base de données du JCTLM. Maintenance de la base de données du JCTLM.	a) 26 mois-pers. b) 52 k€ c) 0 k€
CQM-A1.3	Relations internationales et coordination	Activités de liaison avec : IUPAC, ISO TC 212, IFCC, OMM, OMS, AMA, Codex, ISO TC 146.	a) 12 mois-pers. b) 18 k€ c) 0 k€
CIR-A1.1	Coordination et soutien au CCRI (rayonnements ionisants)	Secrétariat exécutif du CCRI, soutien général au CCRI et à ses groupes de travail, ainsi que soutien spécifique concernant : 1) la réunion bisannuelle du CCRI et les réunions de ses Sections I, II et III, 2) les réunions régulières de 5 groupes de travail, 3) l'examen des rapports de comparaison des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie avant leur publication, 4) l'élaboration de plans stratégiques, 5) la publication des <i>Monographies</i> du BIPM, 6) la coopération avec les organisations régionales de métrologie.	a) 20 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
CIR-A1.2	Coordination et soutien au CCAUV (acoustique, ultrasons et vibrations)	Secrétariat exécutif du CCAUV, soutien et conseils au CCAUV et à ses groupes de travail concernant : 1) la réunion bisannuelle du CCAUV et 3 réunions de ses groupes de travail, 2) l'interaction proactive en matière de stratégie et communication 3) la coordination de l'examen des rapports de comparaison des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie avant leur publication, 4) la coopération avec les organisations régionales de métrologie.	a) 6 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€

CIR-A1.3	Coordination et soutien au CCT (thermométrie)	Secrétariat exécutif du CCT, soutien et conseils au CCT et à ses groupes de travail concernant : 1) la réunion bisannuelle du CCT et 10 réunions de ses groupes de travail, 2) l'interaction proactive en matière de stratégie et communication, 3) la coordination de l'examen des rapports de comparaison des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie avant leur publication, 4) la coopération avec les organisations régionales de métrologie.	a) 6 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
CIR-A1.4	Soutien au Groupe de travail 1 du JCGM	- Deux réunions annuelles, secrétaire exécutif et rapporteur.	a) 5 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
CIR-A1.5	Collaboration scientifique internationale	- International Commission on Radiation Units (ICRU) (membre de la Commission principale et membre de certains comités de rédaction « <i>Report Committees</i> »), - Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) (Comité scientifique des laboratoires secondaires de dosimétrie), - International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) (Comité scientifique et référent technique).	a) 12 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€

Activités de coopération internationale effectuées par le Département des relations internationales et de la communication du BIPM

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
ILC-1.1	Relations internationales et coordination	Soutien et représentation auprès : - des organisations régionales de métrologie (AFRIMETS, APMP, COOMET, EURAMET, SIM et <i>GULFMET</i>), - d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux (OIML, ILAC, ISO, OMM, OMC, IUPAC, IUPAP, IEC, IFCC et CODATA Task Group on Fundamental Constants).	a) 44 mois-pers. b) 134 k€ c) 28 k€
ILC-1.2	CIPM MRA	Secrétariat exécutif du JCRB et site internet sur l'examen des CMCs. Bureau de la KCDB et procédure de sélection et d'examen des données à intégrer aux bases de données. Maintenance de la KCDB.	a) 52 mois-pers. + 48 en détachement b) 20 k€ c) 200k€ (nouveau site pour la KCDB et l'examen des CMCs)
ILC-1.3	Soutien au directeur du BIPM et au CIPM, et promotion de la Convention du Mètre	Soutien au directeur du BIPM, au CIPM, aux États Membres et aux Associés. Promotion de la Convention du Mètre et soutien aux éventuels nouveaux États Membres et nouveaux Associés.	a) 44 mois-pers. b) 40 k€ c) 0 k€

ILC-1.4	Soutien au CCU (unités)	Secrétariat exécutif du CCU, soutien général au CCU. Participation à l'élaboration de la 9 ^e édition de la <i>Brochure sur le SI</i> .	a) 12 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
ILC-1.5	Coordination du JCGM	Secrétariat exécutif et rapporteur du JCGM (une réunion annuelle) et du Groupe de travail 2 du JCGM (deux réunions annuelles), soutien général au JCGM, représentation du BIPM au sein du Groupe de travail 2 du JCGM, maintenance des produits du JCGM sur le site internet du BIPM.	a) 8 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€
ILC-2.1	Publications	Rédactions des rapports, incluant l'édition, la traduction vers le français, la vérification et la publication des rapports du CIPM et du BIPM, ainsi que des posters.	a) 128 mois-pers. b) 245 k€ c) 0 k€
ILC-2.2	Metrologia	Rédacteur et publication de <i>Metrologia</i> .	a) 24 mois-pers. b) 46 k€ IoPP (note : 400 k€ de revenus pour le BIPM) c) 0 k€
ILC3.0	Services de la bibliothèque	Abonnements à des revues (version en ligne ou imprimée), achat d'articles scientifiques et de livres sur demande des membres du personnel du BIPM.	a) 4 mois-pers. b) 398 k€ c) 14 k€
ILC4.0	Site internet du BIPM	Maintien du site internet et intranet du BIPM.	a) 36 mois-pers. b) 37 k€ c) 25 k€
ILC5.0	Ateliers sur des sujets clés identifiés par le CIPM et soutien vis-à-vis de l'organisation d'une école de métrologie combinée	Ateliers du CIPM sur les grands défis métrologiques et collaboration à l'école de métrologie de Varenna.	a) 0 mois-pers. b) 140 k€ c) 0 k€

En outre, dans le cadre du programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019, l'organisation des réunions habituelles des Comités consultatifs, de leurs Groupes de travail, du CIPM, des représentants des États Membres et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, qui se tiennent au BIPM, ainsi que l'organisation d'une réunion de la Conférence générale des poids et mesures, requièrent près de 600 000 euros.

Activités alternatives concernant le Département des relations internationales et de la communication – non couvertes par la dotation proposée

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
ILC 6.0 (Projet supplémentaire) non numéroté	Soutien supplémentaire aux activités ILC 1.1, ILC 1.3 et ILC 5.0	Renforcement de la communication et suivi plus important des possibilités d'engager une coopération.	a) 24 mois-pers. (détachement)

ACTIVITÉS DE DIRECTION ET OPÉRATIONS COURANTES**Temps consacrés par les départements du BIPM aux activités de direction**

Code du projet	Désignation	Services fournis	Ressources nécessaires en : a) Mois-personne b) Coûts de fonctionnement c) Dépenses d'investissement
	Directeur du BIPM (100 % de direction) et cinq directeurs de département (physique, temps, chimie, rayonnements ionisants, relations internationales et communication)	Direction du BIPM et de ses départements, participation à l'équipe de direction [questions relatives au personnel, comptes rendus sur le personnel, gestion de l'avancée du programme de travail, établissement du budget et contrôle financier, réunions de l'équipe de direction, questions relatives aux bâtiments et à l'ensemble du site, publication de rapports (rapports du directeur, du CIPM, prochain programme de travail)]	a) 120 mois-pers. b) 0 k€ c) 0 k€

Directeur

Le temps de travail du directeur est comptabilisé en temps consacré à la gestion du BIPM.

Bureau du directeur : Service Finances, budget et achats et Service Juridique, administration et ressources humaines

Le Service Finances, budget et achats est en charge de l'établissement du rapport annuel et des états financiers du BIPM, des plans à moyen terme et à long terme, du budget annuel, ainsi que d'une série de fonctions de gestion financière permettant de répondre aux besoins de l'organisation ainsi qu'à ceux des départements scientifiques, telles que la gestion de la trésorerie, des achats et de la paye ; il comprend trois membres du personnel (3 équivalents temps plein).

Le Service Juridique, administration et ressources humaines gère toutes les questions juridiques, y compris celles relatives aux *Statut, Règlement et Instructions applicables aux membres du personnel* (SRI) et aux *Statut et Règlement de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM*, aux accords tels que les protocoles d'accord et les contrats d'achat complexes, au droit des organisations internationales et au droit international, ainsi que les questions de ressources humaines. Le Service comprend deux membres du personnel (2 équivalents temps plein).

Secrétariat, réception et entretien des locaux

Le Service Secrétariat et entretien des locaux assiste le directeur et gère, entre autres responsabilités, la charge de travail toujours croissante liée à la coordination administrative des Comités consultatifs : il s'agit notamment d'envoyer les invitations aux réunions

organisées par le BIPM et d'en assurer l'organisation, ainsi que d'apporter de l'aide aux secrétaires exécutifs scientifiques du BIPM et aux participants extérieurs venant assister aux réunions. Les activités d'entretien des locaux ont pour objectif de garantir la propreté des locaux du BIPM, d'assurer l'accueil au BIPM et de fournir toutes les prestations nécessaires aux réunions, telles que les déjeuners. Les activités de secrétariat sont assurées par trois membres du personnel dont l'assistante du directeur (un membre du personnel est partagé avec le Département des relations internationales et de la communication) et celles d'entretien des locaux par six membres du personnel (6 équivalents temps plein).

Qualité, santé et sécurité, extérieurs et site

Le Système de management de la qualité et le Système de management de la santé et de la sécurité au travail sont gérés par un Responsable Qualité, Santé et Sécurité également en charge des extérieurs du BIPM.

Le BIPM maintient un Système de management de la qualité auto-déclaré, fondé sur la norme ISO/IEC 17025:2005 « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais » pour ses activités d'étalonnage et de mesurage et étend les principes de cette norme à toutes les activités de comparaison effectuées dans ses laboratoires. Les parties pertinentes du Guide ISO 34:2009 « Exigences générales pour la compétence des producteurs de matériaux de référence » sont mises en œuvre par le Département de la chimie. Des audits internes et externes du Système de management de la qualité sont réalisés de façon régulière par des experts venant des laboratoires nationaux de métrologie et le Système est présenté périodiquement au groupe d'experts qualité d'une organisation régionale de métrologie (les organisations régionales de métrologie assurant cette responsabilité à tour de rôle).

Le BIPM maintient un Système de management de la santé et de la sécurité au travail fondé sur les exigences de la norme BS OHSAS 18001:2007 « Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail — Exigences ». Le Système fait l'objet d'audits internes et il est soumis à divers contrôles techniques externes (conformément à la législation française) concernant des risques clés liés notamment à l'électricité, la pression, les rayonnements ionisants, la foudre ou les incendies.

Le BIPM est situé dans le domaine national de Saint-Cloud, sur un site historique concédé par le gouvernement français. Le Pavillon de Breteuil, ainsi que les six autres bâtiments construits depuis la création du BIPM et les jardins qui l'entourent, doivent donc être entretenus avec le plus grand soin. L'entretien des bâtiments qui datent aussi bien du 17^e siècle (le Pavillon de Breteuil et le Petit Pavillon) que de nos jours, fait appel à un large éventail de métiers et techniques. Le BIPM assure un service de gardiennage du site en faisant appel à une société extérieure.

Les activités liées à la qualité, la santé et la sécurité, les extérieurs et le site sont assurées par six membres du personnel (5 équivalents temps plein), deux membres du personnel effectuant la moitié de leur temps de travail au sein de l'équipe de l'entretien du site.

Atelier de mécanique et entretien du site

L'atelier de mécanique est fondamental au bon fonctionnement des laboratoires scientifiques du BIPM. Non seulement l'atelier conçoit et fabrique des pièces spécifiques nécessaires aux expériences de recherche du BIPM, telles que la balance du watt et le condensateur calculable,

mais il fabrique également des pièces spéciales permettant d'adapter les étalons des laboratoires nationaux de métrologie aux équipements de référence du BIPM. L'atelier est par ailleurs chargé de la réparation sur site des équipements endommagés afin que les comparaisons et étalonnages puissent être réalisés sans retards importants. L'existence d'un tel atelier de mécanique est un préalable indispensable au bon fonctionnement du BIPM. L'atelier de mécanique fabrique aussi les copies en platine iridié du prototype international du kilogramme, contre remboursement des frais. C'est un service unique dont seuls les États Membres peuvent bénéficier. Par ailleurs, les membres du personnel de l'atelier contribuent aux tâches d'entretien général des bâtiments du BIPM. L'atelier de mécanique et l'entretien du site impliquent sept membres du personnel (6 équivalents temps plein), deux membres du personnel effectuant la moitié de leur temps de travail au sein de l'équipe de l'entretien des extérieurs.

Services informatiques

Comme toute autre institution scientifique, le BIPM repose sur des services informatiques pleinement opérationnels. Ainsi, les bases de données de la KCDB et du JCTLM doivent, en particulier, être accessibles en permanence à la communauté extérieure, et le calcul du Temps atomique international (TAI) et du Temps universel coordonné (UTC) dépend de la fiabilité et de la sécurité des services informatiques du BIPM. Par ailleurs, l'équipe informatique du BIPM a également pour tâche de gérer un grand parc matériel et logiciel destiné à des applications scientifiques, financières et administratives, d'assurer le bon fonctionnement d'instruments informatisés et de garantir les communications électroniques. L'équipe informatique, sous la direction du directeur du Département de la chimie, compte deux membres du personnel (2 équivalents temps plein).

LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PROGRAMME DE TRAVAIL

AFRIMETS	Système interafricain de métrologie
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AIG	Association internationale de géodésie
AMA	Agence mondiale antidopage
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
BIPM	Bureau international des poids et mesures
CCAUV	Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations
CCEM	Comité consultatif d'électricité et magnétisme
CCI	Centre du commerce international
CCL	Comité consultatif des longueurs
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie
CCRI	Comité consultatif des rayonnements ionisants
CCT	Comité consultatif de thermométrie
CCTF	Comité consultatif du temps et des fréquences
CCU	Comité consultatif des unités
CEE-ONU	Commission économique pour l'Europe des Nations unies
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CIPM	Comité international des poids et mesures
CIPM MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM
CMC	Aptitude en matière de mesures et d'étalonnages
CNES	Centre National d'études spatiales (France)
Codex Alimentarius	Commission du Programme mixte de la FAO et de l'OMS sur les normes alimentaires
COOMET	Coopération métrologique entre les États d'Europe centrale (Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions)
DCMAS	Réseau de métrologie, d'accréditation et de normalisation pour les pays en développement
EIT-90	Échelle internationale de température de 1990
ERMS	Ensemble d'étalons de masse de référence du BIPM
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
GNSS	Global Navigation Satellite System
GULFMET	Gulf Association for Metrology
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure
IAF	International Accreditation Forum
ICG	International Committee on Global Navigation Satellite Systems
ICRM	International Committee for Radionuclide Metrology

ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IEC	Commission électrotechnique internationale
IERS	Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
IGS	International GNSS Service
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IOMP	International Organization for Medical Physics
IRPA	International Radiation Protection Association
ISO	Organisation internationale de normalisation
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics
JCGM	Comité commun pour les guides en métrologie
JCRB	Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM
JCTLM	Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés
MMM	Matrice des méthodes de mesure
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
SI	Système international d'unités
SIM	Système interaméricain de métrologie
SIR	Système international de référence pour les radionucléides émetteurs de rayonnement gamma
TAI	Temps atomique international
TDCR	Technique du rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles
UAI	Union astronomique internationale
UGGI	Union géodésique et géophysique internationale
UIT	Union internationale des télécommunications
URSI	Union radio-scientifique internationale
UTC	Temps universel coordonné
UTCr	UTC rapide
VIM	Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie
XCRD	x-ray crystal density

Annexe C

Proposition pour un « Programme de visiteurs du BIPM pour les années 2016 à 2019 »

Introduction et portée du programme

Cette proposition a été élaborée dans le cadre de la mission du BIPM « d'assurer et de promouvoir la comparabilité mondiale des mesures ». Elle répond au besoin de consolider l'infrastructure métrologique internationale en renforçant les capacités humaines et institutionnelles nécessaires au sein des États Membres qui ne disposent pas d'une infrastructure métrologique bien développée. La présente proposition définit le travail que le BIPM mènera à bien en collaboration avec les organisations régionales de métrologie dans le but de :

- renforcer la capacité de la communauté internationale de la métrologie afin de maintenir un système mondial de mesure fondé sur le principe des frais équitablement partagés,
- aider les États Membres à développer l'infrastructure métrologique nécessaire pour étayer les efforts nationaux qu'ils consacrent aux objectifs du Millénaire pour le développement fixés pour 2015¹ et aux objectifs de développement durable de la Conférence Rio+20².

Le projet de « Programme de visiteurs du BIPM » fait suite à la Résolution 5 adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) qui invite le CIPM à présenter des propositions permettant « d'impliquer des organisations intergouvernementales, en particulier celles de régions ne disposant pas d'une infrastructure métrologique bien développée, au travail du BIPM ».

Ce projet est complémentaire de la pratique parfaitement établie d'accueillir des scientifiques invités dans le cadre du programme de travail du BIPM. Le programme de visiteurs du BIPM est destiné aux membres de laboratoires nationaux de métrologie venant d'États dont le système métrologique est émergent : il permettra de renforcer les compétences et le savoir-faire disponibles dans ces laboratoires nationaux, ainsi qu'au sein des organisations régionales de métrologie.

Objectifs du programme et activités proposées

Les objectifs du programme sont les suivants :

- augmenter le nombre de laboratoires nationaux de métrologie capables de contribuer fortement aux activités de la communauté internationale de la métrologie et, en particulier, au travail de leur organisation régionale de métrologie ;
- mieux faire connaître les avantages d'une infrastructure métrologique mondiale bien développée auprès des organisations internationales qui œuvrent au développement du

¹ <http://www.un.org/fr/millenniumgoals/>

² <http://sustainabledevelopment.un.org/index.html>

commerce mondial et d'une infrastructure internationale de la qualité (métrologie, accréditation et normalisation) ;

- soutenir les États Membres qui développent les aspects humains et institutionnels de leur système métrologique afin d'atteindre les objectifs du Millénaire pour le développement et les objectifs de développement durable en organisant une comparaison présentant un intérêt spécifique pour les pays en développement (définie en consultation avec les organisations régionales de métrologie).

Le programme visera à répondre à ces objectifs au moyen de trois types d'activités :

- créer des opportunités de visite afin que des membres du personnel de laboratoires d'États Membres dont l'infrastructure métrologique est en cours de développement viennent travailler au BIPM ;
- promouvoir la nécessité pour les États de développer leur infrastructure métrologique, par l'organisation de formations et d'activités de sensibilisation par l'intermédiaire du Réseau de métrologie, d'accréditation et de normalisation pour les pays en développement (Réseau DCMAS)³ ;
- organiser une comparaison particulièrement significative dans le cadre des objectifs du Millénaire pour le développement (telle qu'une comparaison pertinente pour les soins de santé de base ou pour la surveillance de l'environnement).

Les opportunités de visite mentionnées ci-dessus s'adressent aux membres du personnel venant d'États Membres dont le système métrologique est émergent et sont complémentaires aux propositions de détachement contenues dans le *Programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019* qui sont ouvertes à tous les États Membres.

Impact du programme proposé

L'impact du programme proposé se traduira de différentes manières :

- Les laboratoires nationaux de métrologie qui développent leur infrastructure métrologique tireront profit de l'envoi de membres de leur personnel en détachement au BIPM. Lorsque ces visiteurs retourneront dans leur laboratoire national, ils exploiteront les avantages qu'ils auront tirés, lors de leur séjour au BIPM, de l'expérience pratique du fonctionnement du système mondial de mesure.
- Les organisations régionales de métrologie seront impliquées dans le processus permettant d'identifier les candidats les plus prioritaires pour participer au programme et elles bénéficieront de la contribution accrue que ces personnes seront en mesure d'apporter à leurs activités.
- L'infrastructure métrologique internationale bénéficiera de l'accès à un ensemble plus grand de membres de personnel scientifiques et techniques, ce qui permettra de partager le travail de façon plus équitable sur le principe des frais partagés.

³ Le Réseau DCMAS est une collaboration entre le BIPM, l'ILAC, l'ISO, l'OIML, la CEE-ONU, l'ONUDI et quatre organisations internationales.

Un impact supplémentaire du programme proposé tient au fait que l'accèsion à la Convention du Mètre présentera un avantage plus tangible pour les États Associés officiellement encouragés à devenir Membres.

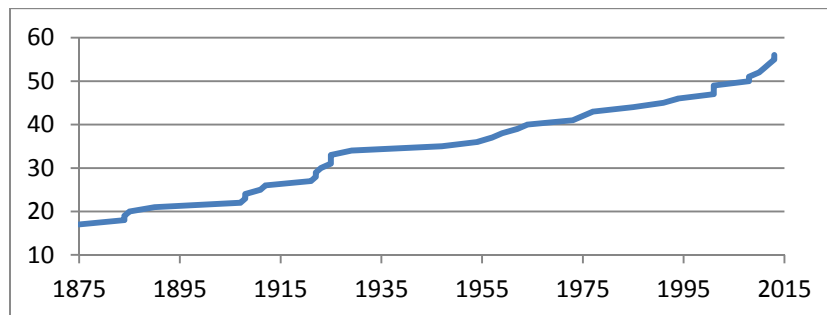
Fondement du programme de visiteurs du BIPM

Bien que le travail technique et de coordination du BIPM soit axé sur des activités conduites au niveau international, la mission du BIPM prévoit un niveau de comparabilité des mesures qui ne peut être atteint que si tous les États Membres investissent dans les capacités humaines et institutionnelles nécessaires. En effet, les avantages qu'un État tire des investissements qu'il consacre à ses aptitudes de mesure augmentent de façon considérable lorsque d'autres États développent leur propres aptitudes à un niveau similaire. Outre le fait de réduire la duplication des mesures entre les partenaires commerciaux, cela garantit que tous les États peuvent contribuer à soutenir le système mondial de mesure et que les frais nécessaires sont partagés de façon équitable.

Par ailleurs, le BIPM peut contribuer à répondre aux besoins des États qui développent leur infrastructure nationale car son rôle est de coordonner les activités visant à améliorer le système mondial de mesure et de promouvoir l'importance de la métrologie pour la science, l'industrie et la société. Le programme de visiteurs formule des propositions spécifiques afin d'augmenter l'impact des activités du BIPM dans ce domaine.

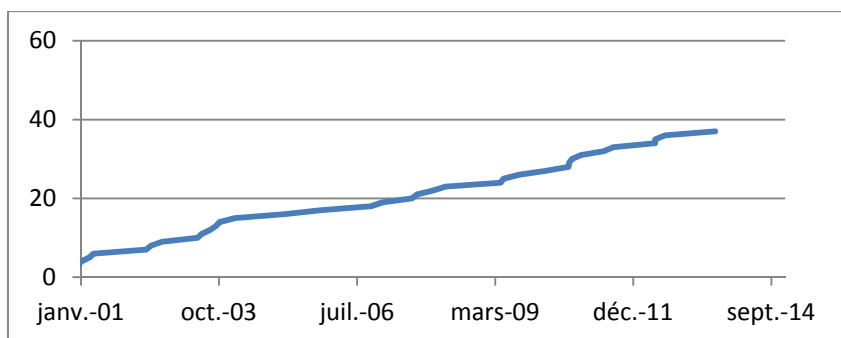
Développement des accessions à la Convention du Mètre

Depuis la signature de la Convention du Mètre par 17 États en 1875, les accessions ont augmenté pour atteindre le nombre de 56 États Membres en 2014. Près de 25 % des États Membres actuels ont accédé à la Convention du Mètre après 1975, année du centenaire de la signature du traité. De nombreux États devenus Membres depuis cette date ne sont pas en mesure de profiter pleinement des avantages scientifiques et techniques qu'offre l'accèsion à la Convention du Mètre car leur système métrologique n'a pas atteint un niveau de développement suffisant pour répondre aux critères techniques et organisationnels leur permettant de participer pleinement aux activités des Comités consultatifs du CIPM. Ces États Membres disposent d'un « système métrologique émergent » et connaissent généralement un développement rapide de leurs capacités humaines et institutionnelles.



Développement des accessions à la Convention du Mètre depuis 1875

Lors de sa 21^e réunion en 1999, la CGPM a créé la nouvelle catégorie d'« Associé à la CGPM » ouverte aux États et entités économiques : en septembre 2014, les Associés sont au nombre de 41. Du fait de la décision prise par la CGPM à sa 24^e réunion (2011) de doubler le montant minimum des souscriptions, les revenus du BIPM provenant des souscriptions représentent plus de 4 % de la dotation versée par les États Membres⁴. Parmi les Associés, quinze États⁵ répondent actuellement aux critères définis pour être encouragés à accéder à la Convention du Mètre, ce qui leur a été officiellement notifié. Ils sont considérés comme des « États Membres potentiels ». À la suite de la résolution adoptée par la CGPM à sa 24^e réunion (2011), leur souscription augmente (ou commencera à augmenter à compter d'une date déterminée) afin d'atteindre un montant équivalent à 90 % de la contribution qu'ils paieraient en tant qu'État Membre. En 2014, le nombre des États encouragés à accéder à la Convention du Mètre devrait continuer à augmenter⁶. La décision pour un État de savoir quand devenir Membre est généralement influencée par les avantages conférés par l'accession à la Convention du Mètre dont il pourra bénéficier à court terme. Lors des discussions qui se tiennent avant toute accession entre le BIPM et un État, tout avantage supplémentaire, tel que l'accès à un programme de visiteurs du BIPM qui bénéficierait d'un financement adéquat, ne peut que constituer un atout.



Augmentation du nombre d'Associés à la CGPM

Travail des organisations régionales de métrologie et du BIPM visant à démontrer l'équivalence internationale des mesures

Actuellement, les organisations régionales de métrologie et le BIPM assurent la plus grande partie du travail nécessaire pour coordonner la comparabilité mondiale des mesures. À cet égard, les organisations régionales de métrologie reposent sur un nombre relativement faible de laboratoires nationaux en mesure de prendre la direction des activités de coordination, dont celles en particulier liées au CIPM MRA. Afin de partager les coûts de ces activités de façon plus équitable entre les laboratoires nationaux de métrologie, il est nécessaire d'accroître le nombre de laboratoires nationaux disposant des capacités humaines et institutionnelles requises.

⁴ En 2013, les souscriptions des États et entités économiques associés se sont élevées à 530 milliers d'euros et les contributions des États Membres à 11 744 milliers d'euros.

⁵ Bélarus, Costa Rica, Cuba, Équateur, ex-République yougoslave de Macédoine, Jamaïque, Lituanie, Lettonie, Panama, Albanie, République de Moldova, Philippines, Slovaquie, Ukraine et Viet Nam.

⁶ L'Estonie, la Géorgie, le Pérou et le Paraguay répondront aux critères avant la 25^e réunion de la CGPM.

Le programme de visiteurs du BIPM répondra à cette exigence en offrant la possibilité à des personnes venant de laboratoires nationaux de métrologie d'États Membres qui ne disposent pas d'une infrastructure métrologique bien développée d'acquérir une expérience pratique du travail technique et de coordination effectué par le BIPM. Afin que le programme ait le plus grand impact possible au niveau régional, il est proposé d'impliquer les organisations régionales de métrologie dans le processus d'identification des candidats les plus appropriés.

Le programme proposé répondra au besoin de partager équitablement les coûts du travail de coordination nécessaire au niveau régional et mondial : il en sera de même concernant le travail technique requis pour coordonner les comparaisons clés au niveau international. Actuellement, ces responsabilités en matière de coordination sont assumées par le BIPM et par un petit nombre des principaux laboratoires nationaux de métrologie qui disposent des ressources et des compétences nécessaires. Un objectif spécifique du programme proposé est de parvenir à un rééquilibrage à long terme de ces responsabilités. Les opportunités proposées dans le présent programme de visiteurs, qui inviteront des scientifiques à travailler au BIPM, permettront aux États Membres dont le système métrologique est émergent de développer leur capacité métrologique afin de pouvoir, dans le futur, jouer un rôle dans la coordination des comparaisons clés au niveau international.

Le fait d'accroître la capacité métrologique des États Membres dont le système de métrologie est émergent améliorera la qualité et la sécurité des biens et produits commercialisés par ces pays. Cela permettra également de progresser dans la réponse apportée au niveau mondial aux grands défis qui reposent sur l'accès à des données mondiales.

Infrastructure nationale permettant de répondre aux enjeux du développement durable et d'atteindre les objectifs du Millénaire pour le développement

Les programmes des organisations intergouvernementales et de leurs États Membres en matière de développement se concentrent actuellement sur les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) qui ont été officiellement adoptés lors du sommet du Millénaire de l'ONU en 2000. Les OMD consistent en huit objectifs approuvés au niveau international : les actions dans les domaines de l'accès à la nourriture et à l'eau potable, la préservation de l'environnement, et la lutte contre les maladies transmissibles, sont celles qui dépendent le plus de l'accès à une infrastructure nationale robuste en matière de métrologie et de qualité. Étant donné que la date de réalisation des OMD, fixée à 2015, se rapproche, un débat concernant le cadre du développement international au-delà de 2015 a été ouvert. Dans ce contexte, 192 États Membres de l'ONU ont accepté, lors de la Conférence Rio+20, de lancer un processus afin de définir des objectifs de développement durable (ODD). Il ressort des consultations préliminaires sur le programme au-delà de 2015 que les ODD porteront sur des thématiques liées notamment aux technologies du développement durable, à la santé, au changement climatique et à l'environnement.

Les progrès pour atteindre ces objectifs dans le cadre d'un programme plus vaste de développement durable ne peuvent être accomplis avec succès qu'au moyen d'une infrastructure développée au niveau national, capable d'étayer les activités nécessaires et d'en contrôler les résultats. Les composantes techniques et administratives de cette infrastructure sont essentielles pour établir la comparabilité des mesures : cela crée les conditions d'un système transparent et rentable qui garantit la qualité de la nourriture, de l'eau, des produits pharmaceutiques et des diagnostics médicaux. Une infrastructure développée permet, par exemple, de fournir :

- des matériaux et méthodes de référence garantissant que les mesures permettent de contrôler la contamination par les mycotoxines des produits destinés à l'alimentation humaine et animale et d'assurer la sécurité des marchés de l'import-export ;
- des matériaux de référence certifiés pour garantir la qualité et l'efficacité des diagnostics pour des maladies telles que la tuberculose.

Activités proposées

Il est proposé que le programme de visiteurs du BIPM se déroule sur quatre ans et qu'il soit intégré au programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019. Les activités prévues concernent trois domaines :

VP-A1 – Opportunités de « visite » au BIPM pour des scientifiques d'États Membres disposant d'un « système métrologique émergent »

L'un des objectifs du programme est de renforcer la capacité de la communauté internationale de la métrologie en offrant l'opportunité à des scientifiques invités de travailler au BIPM. Afin d'atteindre les objectifs du programme, il sera donné priorité aux candidatures de scientifiques venant d'États dont le système métrologique est émergent. Il est proposé d'impliquer les organisations régionales de métrologie dans l'établissement des critères qui seront utilisés pour établir les priorités et identifier les candidats potentiels.

Il est à noter que les opportunités de visite proposées dans le cadre du programme de visiteurs du BIPM sont à distinguer des propositions de détachement du programme de travail du BIPM pour les années 2016 à 2019. Ces dernières concernent principalement des visiteurs en mesure de contribuer de façon considérable au travail effectué par le BIPM pour le compte des États Membres. Les opportunités du présent programme sont destinées à des visiteurs qui bénéficieront d'un transfert de technologies dans les laboratoires du BIPM et de formations spécifiques concernant le système mondial de mesure, assurées par le personnel du BIPM.

Il est proposé que la durée des visites soit de 2 à 3 mois. Concernant le travail de laboratoire, les scientifiques invités travailleront essentiellement pour les départements des masses et du temps du BIPM et participeront à la comparaison décrite dans l'activité VP-A3 ci-dessous qui concernera probablement les laboratoires de chimie du BIPM.

La mise en œuvre du programme se fera en coopération avec les laboratoires nationaux de métrologie qui organisent des formations spécifiques visant à développer la capacité métrologique d'autres États.

VP-A2 - Promotion du programme de visiteurs du BIPM et information auprès des États Membres dont le système métrologique est émergent

Diverses activités de promotion et d'information, telles que des ateliers et une école d'été se concentrant sur les besoins des États Membres dont le système métrologique est émergent, permettront de réaliser les buts du programme. Ces activités reposeront sur du nouveau matériel de soutien présentant un intérêt spécifique pour les États dont le système métrologique est émergent.

Par ailleurs, le BIPM contribuera plus activement à la partie consacrée à la métrologie de la formation sur l'infrastructure de la qualité qui est organisée par le Réseau DCMAS.

VP-A3 - Organisation d'une comparaison particulièrement significative dans le cadre des objectifs du Millénaire pour le développement (telle qu'une comparaison pertinente pour les soins de santé de base)

Le second but du programme de visiteurs du BIPM est d'aider les États Membres à développer l'infrastructure métrologique nécessaire pour étayer les efforts nationaux qu'ils consacrent aux objectifs du Millénaire pour le développement fixés pour 2015 et aux objectifs de développement durable de la Conférence Rio+20. Il est ainsi proposé d'organiser une comparaison d'importance pour les systèmes métrologiques nécessaires pour étayer les soins de santé de base. Cette comparaison sera particulièrement intéressante pour les États en développement ; elle sera choisie en consultation avec les organisations régionales de métrologie.

Description des activités et estimation des coûts

Activités		Ressources	
		Nombre de mois-personne	Coûts de fonctionnement (en milliers d'euros)
VP-A1 – Opportunités de « visite » au BIPM pour des scientifiques d'États Membres disposant d'un « système métrologique émergent »			
	<p>Promotion des opportunités du programme de visiteurs et coopération avec les organisations régionales de métrologie et les laboratoires nationaux de métrologie assurant des programmes de formation sur la métrologie internationale.</p> <p>Sélection des candidats prioritaires (selon des critères établis en consultation avec les organisations régionales de métrologie).</p> <p>Identification, dans le cadre du programme de travail du BIPM, des opportunités qui présentent les plus grands avantages pour les participants du programme de visiteurs. Développement d'un plan d'activités pour chaque participant.</p> <p>Soutien pour approximativement 240 mois-personnes, pour des visites de 2 à 3 mois pour chaque participant.</p> <p>Coordination des déplacements et de l'hébergement.</p> <p>Supervision du temps passé au BIPM.</p> <p>Examen des avantages pour les participants.</p>	26	900
VP-A2 - Promotion du programme de visiteurs du BIPM et information auprès des États Membres dont le système métrologique est émergent			
	<p>Atelier(s) et école d'été se concentrant sur les besoins des États Membres dont le système métrologique est émergent.</p> <p>Préparation d'un nouveau matériel de soutien présentant un intérêt spécifique pour les États dont le système métrologique est émergent.</p> <p>Participation accrue concernant la partie consacrée à la métrologie de la formation sur l'infrastructure de la qualité organisée par le Réseau DCMAS.</p> <p>Contribution améliorée concernant les documents sur l'évaluation de la conformité qui sont produits et distribués par d'autres organisations (telles que l'ISO et l'ILAC).</p> <p>Ressources pour la Journée mondiale de la métrologie axées sur les États Membres dont le système métrologique est émergent, par l'intermédiaire du site internet du BIPM et du site MetrologyInfo.</p>	16	300
VP-A3 - Organisation d'une comparaison particulièrement significative dans le cadre des objectifs du Millénaire pour le développement (telle qu'une comparaison pertinente pour les soins de santé de base ou pour l'environnement)			
	<p>Élaboration de plans pour l'organisation d'une comparaison, en consultation avec les organisations régionales de métrologie.</p> <p>Mise au point d'une méthode et pilotage d'une comparaison (conduite par un scientifique recruté pour une durée déterminée de 3 ans pour un montant de 300 milliers d'euros), avec 200 milliers d'euros pour les frais de laboratoire.</p> <p>Examen des avantages pour les participants, les États Membres et le BIPM.</p>	6	500
Total (programme de 4 ans)		48 mois-personne	1700



Bureau International des Poids et Mesures

General Conference on Weights and Measures

25th meeting (18-20 November 2014)

Note on the use of the English text

To make its work more widely accessible the International Committee for Weights and Measures publishes an English version of its reports.

Readers should note that the official record is always that of the French text. This must be used when an authoritative reference is required or when there is doubt about the interpretation of the text.

Table of contents

List of delegates and invitees 11

Proceedings, 18-20 November 2014 283

Agenda 284

First session – 18 November 2014 (morning)

1. Presentation of credentials by delegates 287
2. Opening of the meeting by the President of the *Académie des Sciences*, President of the CGPM 287
3. Opening address on behalf of His Excellency the Minister of Economy, Industry and Digital Data 290
4. Reply by the President of the CIPM 292
5. Nomination of the Secretary of the CGPM 292
6. Establishment of the list of delegates entitled to vote 292
7. Approval of the agenda 294
8. Report by the President of the CIPM ‘Highlights of work accomplished since the 24th CGPM meeting (October 2011 – November 2014)’ 294
 - 8.1. Appointment of a new BIPM Director 295
 - 8.2. Actions arising from Resolutions taken at the 24th CGPM 296
 - 8.3. Operational changes within the BIPM 299
 - 8.4. Financial position 299
 - 8.5. BIPM Work Programme 299
 - 8.6. Consultative Committees 300
 - 8.7. Governance and Accountability of the BIPM 300
 - 8.8. Duration of the General Conference 301
 - 8.9. Conclusion 302
9. Report by the Director of the BIPM ‘Highlights of achievements at the BIPM’ 302
10. Report by the President of the CCU 304
 - Executive summary 304
 - Scope of the CCU 305
 - Strategy 305

- Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **307**
- Outlook in the short and long term **308**
- 11. 'On the future revision of the International System of Units, the SI' (Draft Resolution A) **310**
- 12. Report by the President of the CCM **311**
 - Executive summary **312**
 - Scope of the CCM **312**
 - Strategy **312**
 - Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **313**
 - Outlook in the short and long term **315**
- 13. Report by the President of the CCEM **316**
 - Executive summary **316**
 - Scope of the CCEM **317**
 - Strategy **317**
 - Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **318**
 - Outlook in the short and long term **320**
 - Acknowledgement **321**
- Second session – 18 November 2014 (afternoon)**
- 14. 'The measurement of time' Prof. Salomon, CNRS/LKB **322**
- 15. Report by the President of the CCL **324**
 - Executive summary **324**
 - Scope of the CCL **325**
 - Strategy **325**
 - Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **327**
 - Outlook in the short and long term **329**
- 16. Report by the President of the CCTF **331**
 - Executive summary **331**
 - Scope of the CCTF **331**
 - Strategy **331**
 - Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **332**
 - Outlook in the short and long term **334**
- 17. Report of progress with international liaisons **338**
- 18. Report from the International Organization of Legal Metrology (OIML) Mr Kool, BIML **339**
- 19. 'Metrology and Standardization, the benefits of closer links' Mr Steele, ISO **340**
- 20. 'Metrology and Accreditation, the benefits of closer links' Mr Oehlenschlaeger, ILAC **342**

21. Report by the President of the CCPR **344**
 - Executive summary **344**
 - Scope of the CCPR **344**
 - Strategy **345**
 - Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **346**
 - Outlook in the short and long term **348**
 22. Report by the President of the CCT **350**
 - Executive summary **350**
 - Scope of the CCT **350**
 - Strategy **351**
 - Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **351**
 - Outlook in the short and long term **353**
 23. Nomination of members for the Working Group on the BIPM Dotation **356**
- Third session – 19 November 2014 (morning)**
24. A long-term strategy for the BIPM **357**
 25. The Work Programme of the BIPM for the years 2016 to 2019 **359**
 26. ‘Building a world-wide metrology: the challenge in emerging economies’ Mr Mukhufhi, NMISA **361**
 27. Proposal for a BIPM Visitor Programme 2016 to 2019 **363**
 28. ‘On the Pension and Provident Fund of the BIPM’ (Draft Resolution C) **367**
 29. ‘Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019’ (Draft Resolution D) **368**
- Fourth session – 19 November 2014 (afternoon)**
30. ‘On the election of the International Committee for Weights and Measures’ (Draft Resolution B) **370**
 31. A proposal for a process to elect the ‘Committee for CIPM Election’ **372**
- Fifth session – 20 November 2014 (morning)**
32. Report of the Working Group on the BIPM Dotation **375**
 33. ‘Stable and accurate measurements to quantify the causes of global climate change’ Dr Butler, NOAA **375**
 34. ‘The Global Context of Food Safety’ Ms Doherty, USTR **379**
 35. Report by the President of the CCQM **381**
 - Executive summary **381**
 - Scope of the CCQM **382**
 - Strategy **383**
 - Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **384**

- Outlook in the short and long term **388**
36. Report by the President of the CCRI **391**
- Executive summary **391**
- Scope of the CCRI **392**
- Strategy **392**
- Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **393**
- Outlook in the short and long term **396**
37. Report by the President of the CCAUV **398**
- Executive summary **398**
- Scope of the CCAUV **398**
- Strategy **398**
- Activities and achievements since the last meeting of the CGPM **399**
- Outlook in the short and long term **400**
38. ‘On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement’ (Draft Resolution E) **403**
39. Introduction of the ballot procedure for the CIPM election **406**
- Sixth session – 20 November 2014 (afternoon)**
40. Other resolutions proposed by delegates **408**
41. Agreement of final text and voting on resolutions **408**
42. Election of the CIPM **410**
43. Election of the Committee for CIPM Election (CEC) **411**
44. Other business **412**
45. Closure of the meeting **413**

Resolutions adopted by the General Conference on Weights and Measures at its 25th meeting (2014) 415

- On the future revision of the International System of Units, the SI **416**
- On the election of the International Committee for Weights and Measures **418**
- On the Pension and Provident Fund of the BIPM **420**
- Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019 **422**
- On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement **423**

Appendix A Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting) **425**

Appendix B Programme of work and budget of the BIPM for the years 2016-2019 **439**

Appendix C Proposal for a “BIPM Visitor Programme 2016-2019” **493**

List of acronyms used in the present volume 501

**Proceedings of the 25th meeting
of the General Conference
on Weights and Measures
18-20 November 2014**

Agenda

First session – 18 November 2014 (morning)

- 1 Presentation of credentials by delegates.
- 2 Opening of the meeting by the President of the *Académie des Sciences*, President of the CGPM.
- 3 Opening address on behalf of His Excellency the Minister of Economy, Industry and Digital Data.
- 4 Reply by the President of the CIPM.
- 5 Nomination of the Secretary of the CGPM.
- 6 Establishment of the list of delegates entitled to vote.
- 7 Approval of the agenda.
- 8 Report by the President of the CIPM ‘Highlights of work accomplished since the 24th CGPM meeting’.
- 9 Report by the Director of the BIPM ‘Highlights of achievements at the BIPM’.
- 10 Report by the President of the CCU.
- 11 ‘On the future revision of the International System of Units, the SI’ (Draft Resolution A).
- 12 Report by the President of the CCM.
- 13 Report by the President of the CCEM.

Second session – 18 November 2014 (afternoon)

- 14 ‘The Measurement of time’ (*Prof. Salomon, CNRS/LKB*).
- 15 Report by the President of the CCL.
- 16 Report by the President of the CCTF.
- 17 Report of progress with international liaisons.
- 18 Report from the International Organization of Legal Metrology, OIML (*Mr Kool, BIML*).
- 19 ‘Metrology and Standardization, the benefits of closer links’ (*Mr Steele, ISO*).
- 20 ‘Metrology and Accreditation, the benefits of closer links’ (*Mr Oehlenschlaeger, ILAC*).
- 21 Report by the President of the CCPR.
- 22 Report by the President of the CCT.
- 23 Nomination of members for the Working Group on the BIPM Dotation.

Third session – 19 November 2014 (morning)

- 24 A long-term strategy for the BIPM.

- 25 The Work Programme of the BIPM for the years 2016 to 2019.
- 26 ‘Building a world-wide metrology: the challenge in emerging economies’ (*Mr Mukhufhi, NMISA*).
- 27 Proposal for a BIPM Visitor Programme 2016 to 2019.
- 28 ‘On the Pension and Provident Fund of the BIPM’ (Draft Resolution C).
- 29 ‘Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019’ (Draft Resolution D).

Fourth session – 19 November 2014 (afternoon)

- 30 ‘On the election of the International Committee for Weights and Measures’ (Draft Resolution B).
- 31 A proposal for a process to elect the ‘Committee for CIPM Election’.

Fifth session – 20 November 2014 (morning)

- 32 Report of the Working Group on the BIPM dotation.
- 33 ‘Stable and accurate measurements to quantify the causes of global climate change’ (*Dr Butler, NOAA*).
- 34 ‘The Global Context of Food Safety’ (*Ms Doherty, USTR*).
- 35 Report by the President of the CCQM.
- 36 Report by the President of the CCRI.
- 37 Report by the President of the CCAUV.
- 38 ‘On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement’ (Draft Resolution E).
- 39 Introduction of the ballot procedure for the CIPM election.

Sixth session – 20 November 2014 (afternoon)

- 40 Other resolutions proposed by delegates.
- 41 Agreement of final text and voting on resolutions.
- 42 Election of the CIPM.
- 43 Election of the Committee for CIPM Election (CEC).
- 44 Other business.
- 45 Closure of the meeting.

First session – 18 November 2014 (morning)

1. Presentation of credentials by delegates

As required by the Convocation to the 25th meeting (2014) of the General Conference on Weights and Measures (hereinafter CGPM or General Conference), delegates were required to present the due credentials from their Governments or authorities.

2. Opening of the meeting by the President of the Académie des Sciences, President of the CGPM

The first session of the 25th meeting (2014) of the General Conference on Weights and Measures on 18 November 2014 was opened by Prof. Philippe Taquet, President of the *Académie des Sciences de Paris*, President of the *Institut de France* and President of the General Conference for its 25th meeting. He gave the following speech:

Monsieur l'adjoint au directeur général, President of the CIPM, Director of the BIPM, Ladies and Gentlemen, Delegates, dear Colleagues, Ladies and Gentlemen,

In my capacity as President of the *Académie des Sciences* and also President of the *Institut de France*, it is a privilege and great pleasure to welcome you today in Versailles for the 25th meeting of the General Conference on Weights and Measures.

The Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), a very efficient intergovernmental organization established by the Metre Convention, is in charge of the preparation of this Conference and is mandated to ensure and promote the global comparability of measurements, including providing a coherent international system of units.

Until the end of the 18th century, measurements used by human societies throughout the world were extremely diverse. Measurements of the same nature and similar values had different names in different countries, provinces, cities or even villages. The range of weight and length measurements was vast.

In Paris, length could be measured in *points* (0.19 mm), in lines (*lignes*) equivalent to twelve *points* (2.26 mm), in inches (*pouces*) equivalent to twelve lines (27 mm), in king feet (*pieds de roi*) equivalent to twelve inches (325 mm) and in (*toises*) equivalent to six feet (1.949 m). To measure fabrics, other units were used: the *aune* (1.188 m), the *perches* (from 5.85 m to 7.15 m) and finally the *lieue* (4.45 km).

For weights, measurements were made in *grains* (53 mg), in *deniers* equivalent to 24 grains (1.27 g), in *gros* equivalent to 3 deniers (3.82 g), in ounces (*onces*) equivalent to 8 gros (30.6 g) and in *marcs* equivalent to 8 ounces (244.75 g).

In 18th century Europe, the foot had different values from country to country. Its length changed whether you were in Brussels, Liege, Cologne, Venice or Copenhagen, in Holland, England,

Spain, Sweden, Bohemia, Switzerland, Saxony, Bavaria or Austria. The Parisian king foot measured 325 mm. The smallest feet were found in Brussels and Cologne (276.25 mm)! The English and Swiss feet, could measure some 300 mm, while the biggest feet were those of Venice (347.75 mm) and especially the Russian ones (354.25 mm)!

During the French Revolution, on 8 May 1790, the National Assembly adopted the principle of unifying measurements: to do so, it was proposed to define a unit derived from nature, based either on the length of the pendulum that beats one second at 45 degrees latitude, or on the length of a fraction of the meridian.

At the same time, the National Assembly requested the King (then still alive) to beg the King of England to invite the English Parliament to concur with the French National Assembly in the determination of a natural unit: the objective was to gather the same number of Commissioners of the *Académie des Sciences de Paris* and of members of the Royal Society of London to determine the length of the pendulum and derive from that work an invariant model. However, this proposal came to nothing and the process was interrupted by war.

By decree of 26 March 1791, following the proposal of the *Académie des Sciences* and considering that, in order to unify weights and measures, it was necessary to define a natural and invariant measurement unit and that the only means of extending this uniformity to foreign nations and engaging them in agreeing to a measurement system was to choose a unit that would not be arbitrary nor specific to any people of the world, the National Assembly adopted the length of the quarter of the terrestrial meridian as the basis of the new measurement system; it was decided that the work required to determine this basis, such as the measurement of an arc of the meridian from Dunkirk to Barcelona, was to start immediately.

The astronomers Delambre and Méchain were charged with making this measurement which was carried out from June 1792 to the end of 1798.

On 1 August 1793 the principle of decimal division was also adopted. Decimal calculation eliminated the difficulties linked to the use of fractional numbers.

In April and May 1799, the definitive standards were established: following the report by Van Swinden (the Netherlands) based on the work by Delambre and Méchain, the metre was fixed to a length of 3 feet 11.296 lines of the *toise* of the *Académie des Sciences*; in the same way, following the report by Trallès (Switzerland), based on the measurements made by Lefèvre-Gineau (France) and by Fabbroni (Italy), the kilogram was determined to be equivalent to the weight of 18827.15 grains in the scale of the artefact known as the *Pile de Charlemagne*.

On 22 June 1799, the prototypes of the metre and the kilogram were presented to the Council of the Five Hundred and the Council of the Ancients (the legislative body) by a delegation of the *Institut national des Sciences et des Arts*, which was the successor to the *Académie royale des Sciences* abolished by the revolutionaries; the minutes of this event were signed by 15 scientists, including nine delegates from foreign States.

Since that date, a common system of measurement units has spread progressively throughout the world and has been adopted by an increasing number of countries. This progress has not occurred without technical, political or societal difficulties. On 11 February 1840, in the newspaper *Le Charivari*, the French caricaturist Daumier drew a lady coming back from the market where she had bought four ounces of butter: she explains to her friend that a new unit of weight has been invented but, as she does not understand anything about it, she does not know whether she should now buy butter in grams, filigrams or programs! A cartoon published in 1986 in an American newspaper shows a little girl coming back from school and telling her mother “We’re

studying today the metric system in school: I weigh 24 kilometres Celsius!”

In 1875, the Metre Convention, signed by 17 nations, created a scientific and permanent International Bureau of Weights and Measures with its headquarters in Paris. The chosen seat of the BIPM was, and still is, the *Pavillon de Breteuil* in the *Parc de Saint-Cloud*. The BIPM operates under the direction and supervision of an International Committee for Weights and Measures, itself placed under the authority of a General Conference on Weights and Measures consisting of the delegates of all the contracting Governments. Article 4 of the Metre Convention provides that the Presidency of the General Conference on Weights and Measures is assigned to the then current President of the *Académie des Sciences*: that is precisely why I am here today.

I have to say to you in all honesty that I am not an expert on the metre, or the candela, or the kelvin, or the mole, or the kilogram. I am a vertebrate palaeontologist, an expert in dinosaurs; I have therefore an interest in time but my reference unit is not the second but the million years!

Today, with 56 Member States and 41 Associates, the BIPM is an organization that is a perfect and magnificent example of a work of peace. The BIPM symbolises in a unique manner what people are able to achieve when they pool their wills, their knowledge, their talents and their abilities. The BIPM was a precursor to this.

Another recent work of peace is the CERN. In 1954, 21 European countries decided to establish a leading particle physics research centre to study the constituents and laws of the universe. Nowadays it gathers 10 500 scientists from more than 110 countries who innovate and push back the frontiers of knowledge, develop new technologies for accelerators and detectors, and led to the invention of the World Wide Web. The CERN is now the largest scientific experiment in the world: it welcomes researchers from all nations and all cultures who ensure its outstanding results and remarkable achievements.

You have the rewarding task and important responsibility over the next few days to work towards a new system of units based on new definitions, made possible through advances in science and technology.

While people in many countries are facing difficulties of all types, and while they are striving – often successfully – to address many and varied challenges, such as those related to food resources, access to energy, health, protection against risks from natural sources, and sustainable development, it is promising to see today so many represented States in the same place with the common objective to work on defining and unifying units they use in order to participate in and facilitate scientific discoveries and innovation, industrial manufacturing and international trade, sustaining the quality of life and the global environment.

I wish you a highly successful and productive conference.

3. **Opening address on behalf of His Excellency the Minister of Economy, Industry and Digital Data**

On behalf of the Minister, Mr Benjamin Gallezot, Deputy Director General, General Directorate for Competitiveness, Industry and Services, Ministry of Economy, Industry and Digital Data of the French Republic, gave the following speech:

President of the Institute, President of the International Committee for Weights and Measures, Director of the International Bureau of Weights and Measures, Ladies and Gentlemen Delegates, Ladies and Gentlemen,

Emmanuel Macron, Minister of Economy, Industry and Digital Data, has asked me to represent him here today as he is unfortunately unable to be with us this morning. In his name and in the name of the Government of the French Republic, I have the great honour and pleasure to open the 25th meeting of the General Conference on Weights and Measures here in Versailles.

Versailles is known all over the world to be the city of the Sun King, Louis XIV, but it is much less well known that Versailles is also the city where the founding events of the French Revolution took place in 1789. Here, the deputies of the Third Estate, joined by a few deputies of the clergy and the nobility, set themselves up as the National Assembly, thus affirming the people's sovereignty. Here, the same Assembly adopted fundamental texts such as the abolition of privileges and feudal rights or the Declaration of the Rights of Man and of the Citizen. As you brilliantly reminded us, Mister President of the Institute, the French Revolution bequeathed to France and to the whole of humanity a major work with regard to the unification of weights and measures and the definition of the metre and the kilogram. Your General Conference is part of that ongoing legacy. Therefore, France has had the honour, for almost 140 years, of being the depositary of the Metre Convention that was signed in Paris by seventeen States in order to establish a world authority in the field of metrology.

Originally, the main task of the International Bureau of Weights and Measures was the conservation of the prototypes of the metre and the kilogram but this task has continuously evolved with the increase in trade, scientific and technical developments, and emerging global issues. In 2011, the General Conference at its 24th meeting opened the way to the requirement to modernize the governance of the International Bureau of Weights and Measures and to the review of its role, missions and objectives. The aim was in particular to better integrate the work of the BIPM with that of the Regional Metrology Organizations and National Metrology Institutes in order to develop and implement a global programme of work and a long-term strategy. This work was carried out over the past three years and an important mission for your Conference will be to approve the corresponding Resolutions. Within this revised organizational and structural framework, international players in metrology must work collectively to meet the needs generated by the rapid development of society. Throughout history, the evolution of metrology has been inextricably linked to scientific and economic development. Therefore we have to continue this cooperation work and to support the vision of an international metrology that fosters innovation and trade. The implementation of the Mutual Recognition Arrangement, the CIPM MRA, over the past fifteen years was a great success thanks to the role played by the whole metrology community. New areas, such as chemistry, biology, nanotechnologies or digital technologies, strengthen the underpinning nature of this Arrangement. Nowadays, around 25 000 calibration and measurement capabilities are registered in the key comparison database. Given the investment this represents for the various partners, it will be appropriate to reflect on

how to optimize the system while maintaining the quality of its data. Your work will define the scope of the needed reflection.

Beyond these developments, the fundamentals of metrology should not be forgotten. Improving the International System of Units is essential to scientific progress and technological challenges. Many improvements have been made to the International System, such as the introduction of the mole in chemical metrology in 1971 or replacing the definition of the metre by one based on a fixed value of the speed of light. Those changes were a first step towards more universal definitions based on fundamental constants. You are currently preparing another step for the science community since several units of the International System will evolve to be based on other fundamental constants of physics and chemistry. Those units are: the kilogram, the definition of which could be based on the Planck constant and, in this regard, I would like to underline that France is pleased to contribute to this major development through the watt balance project, along with the United States of America, Switzerland, Canada and the International Bureau of Weights and Measures; the kelvin, the definition of which could be based on the Boltzmann constant by determining the value of the speed of the sound propagation in a rare gas or by other methods; the ampere, the definition of which could be based on the elementary electric charge; or the mole, the definition of which could be based on the Avogadro constant. The commitment of the whole community of metrologists will be needed to achieve this goal over the next few years. Undoubtedly, an educational approach for the scientific community, the academic world and the general public will be required as the foundations on which some units were defined until now will be fundamentally changed.

The Ministry of Economy, Industry and Digital Data that I represent today cannot avoid mentioning the financial constraints States have to face nowadays. It was therefore particularly important for the BIPM to address the issue of its long-term stability and the control of its operating costs. I welcome the steps taken to do so and encourage continuing efforts in this direction. Such efforts are needed for States to maintain the appropriate financial support to allow the International Bureau to fulfil its missions and to meet the international community's expectations.

New pages of the history of the weights and measures institutions have yet to be written and, in this regard, the International Committee has begun to reflect actively on the future directions the International Bureau could take. The debates of the General Conference on that subject promise to be fascinating. I am convinced that the Resolutions that will be adopted during this meeting of the General Conference on Weights and Measures will continue to serve the interests of the international community in the same spirit that inspired its founders.

I thank you and wish you an excellent 25th meeting of the General Conference on Weights and Measures.

Prof. Taquet, President of the CGPM, thanked Mr Gallezot and officially declared the Conference open. He invited Dr Inglis, the President of the CIPM to say a few words in response to the address given by Mr Gallezot.

4. Reply by the President of the CIPM

Dr Inglis, President of the International Committee for Weights and Measures (hereinafter CIPM) replied to Mr Gallezot. He thanked the Minister for his interesting and thoughtful comments on the importance of metrology in the development of society, innovation and industry. The role that France has played in establishing the Metre Convention and being the champion for international metrology is well recognized and very much appreciated throughout the world. Dr Inglis noted his advice and encouragement with regard to the budgetary issues, recognizing the budget constraints being experienced by Member States. The BIPM and CIPM will certainly take his advice and they continue to identify opportunities for increased efficiency and for cost savings in formulating and delivering the BIPM's work programmes in the interest of its Member States. He finished by thanking the Minister for his very interesting comments and again Mr Gallezot for his address.

5. Nomination of the Secretary of the CGPM

The President of the CGPM proposed Dr Kaarls, Secretary of the CIPM, as Secretary of the CGPM. Dr Kaarls was elected by consensus.

6. Establishment of the list of delegates entitled to vote

Dr Kaarls, in his capacity as Secretary of the CGPM, welcomed the delegates of Member States to the 25th meeting of the CGPM. Having examined the credentials of the Delegates, Dr Kaarls proceeded to establish a list, by State, of those Delegates entitled to vote on behalf of their State, asking the head of each delegation to respond indicating the presence of the delegation. The list, (in French alphabetical order), was as follows:

South Africa	N. Mukhufhi
Germany	F. Weritz
Saudi Arabia	A. Al Gossair
Argentina	H. Laiz
Australia	P. Fisk
Austria	G. Freistetter
Belgium	H. Pirée
Brazil	H. Brandi
Bulgaria	D. Stankov
Canada	A. Steele

China	Q. Wu
Colombia ¹	J. Viveros Cuasquer
Croatia	D. Zvizdic
Denmark	M. Kjær
Egypt	H. Afifi
Spain	J.A. Robles Carbonell
United States of America	W. May
Russian Federation	F. Bulygin
Finland	H. Isotalo
France	C. Lagauterie
Hungary	F. Mónus
Indonesia	M. Suprpto
Iran ¹	B. Azarsa
Italy	M. Inguscio
Japan	Y. Miki
Kenya	D. Moturi
Malaysia	O. Zakaria
Mexico	R. Anaya Moreno
Norway	E. Stokstad
New Zealand	T. Armstrong
Netherlands	A. van Spronsen
Poland	J. Popowska
Portugal	M. Filipe
Republic of Korea	M. Kang
Czech Republic	V. Pokorny
Romania	M. Buzoianu
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	M. Holmes
Serbia	V. Živković
Singapore	T. Liew
Slovakia	A. Gonda
Sweden	P. Åslund
Switzerland	C. Bock

¹ The delegations from Colombia, Iran and Uruguay arrived during session one.

Thailand	P. Shiowattana
Tunisia	J. El Fehem
Turkey	N. Camuşcu
Uruguay ¹	C. Santo

Of the 56 Member States, 46 were represented and the absolute majority was therefore 24.

Dr Kaarls also welcomed the representatives of 20 of the 41 Associates of the CGPM who were (in French alphabetical order): Belarus, Bosnia and Herzegovina, CARICOM, Georgia, Ghana, Hong Kong (China), Lithuania, Luxembourg, Montenegro, Namibia, Oman, Peru, Moldova, Slovenia, Sudan, Chinese Taipei, Ukraine, Viet Nam, Yemen and Zimbabwe.

He also welcomed representatives from the:

- International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)
- International Organization of Legal Metrology (OIML)
- International Organization for Standardization (ISO)
- Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS)
- Institute for Reference Materials and Measurements, European Commission (IRMM)
- European Space Agency (ESA).

Three representatives from the Republic of Azerbaijan, which had completed the formalities to become an Associate of the CGPM from 1 January 2015, attended the CGPM as observers.

7. Approval of the agenda

The President of the CGPM asked the Delegates if they had any comments on the agenda. In the absence of any comments, the agenda was approved.

8. Report by the President of the CIPM ‘Highlights of work accomplished since the 24th CGPM meeting (October 2011 to November 2014)’

Dr Inglis, President of the CIPM, presented his report.

In accordance with the Metre Convention it is my pleasure to report on the work accomplished since the 24th General Conference held in 2011. Progress reports have been given at meetings of Government Representatives and Directors of National Metrology Institutes which were held at the BIPM on 16-17 October 2012 and 23-24 October 2013 and it is not my intention to go into details here on the work accomplished, but rather to highlight the actions and achievements.

The BIPM Director will provide more details on the accomplishments and progress under the work programme approved at the 24th CGPM, Chairs of CIPM Sub-Committees and *ad hoc* Working Groups will address specific aspects of new initiatives and the Presidents of the CIPM Consultative Committees will report on technical developments.

I start by first welcoming delegations from new Member States of the BIPM and new Associates of the CGPM.

Since the 24th CGPM three States have acceded to the Metre Convention and eight States have become Associates of the CGPM.

New Member States (and date of accession):

- Republic of Tunisia (formerly an Associate) (1 February 2012)
- Republic of Colombia (6 February 2013)
- Republic of Iraq (20 August 2013)

It is my pleasure to welcome delegations from the new Member States to the 25th CGPM.

New Associates of the CGPM (and date of association):

- Sultanate of Oman (8 May 2012)
- Republic of Botswana (30 May 2012)
- Syrian Arab Republic (31 May 2012)
- Republic of Namibia (10 August 2012)
- Mongolia (7 August 2013)
- Grand Duchy of Luxembourg (29 January 2014)
- Republic of the Sudan (6 June 2014)
- Republic of Yemen (21 July 2014)

It is my pleasure to welcome delegations from the new Associate States to the 25th CGPM.

As of the opening of the meeting, there are 56 States Parties to the Metre Convention and 41 Associates of the CGPM.

8.1. Appointment of a new BIPM Director

In mid-2011 the BIPM Director, Prof. Michael Kühne, advised the CIPM of his intention to resign from the position of Director with effect from the end of 2012. A Committee for the selection of a new Director was appointed by the CIPM comprising the four members of the CIPM bureau together with Prof. João da Jornada, Director of INMETRO (Brazil), as an external representative. From a field of 41 applicants for the position, nine were interviewed and the Selection Committee was unanimous in its recommendation of Dr Martin Milton to the CIPM as the preferred candidate. After due consideration by the CIPM of all candidates and of the report of the Selection Committee, Dr Milton was offered the position and was appointed in September 2012, initially as Deputy Director and then BIPM Director effective from 1 January 2013.

8.2. Actions arising from Resolutions taken at the 24th CGPM

Resolution 1: On the possible future revision of the International System of Units, the SI

- A Roadmap for the redefinition of the kilogram prepared by the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) has been adopted by the CIPM.
- *Mises en pratique* for the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and mole have been prepared.
- Work is under way at the BIPM to calibrate the national prototypes held by those states able to realize the kilogram via the watt balance and/or Avogadro project.
- The President of the Consultative Committee for Units (CCU) will provide further information about the scientific progress being made at the National Metrology Institutes (NMIs).
- The CIPM, the Consultative Committees and the BIPM have all been active in alerting user communities and the general public of the intention to redefine various units of the SI. Most recently, presentations were made by the BIPM Director at the NCSL International conference in Orlando (USA) in July 2014 and by the President of the CCM and the Executive Secretary of the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CEEM) at the International Conference on Precision Electromagnetic Measurements in Rio de Janeiro (Brazil) in August 2014. The Director of the BIPM International Liaison and Communication Department made presentations at the 30th ISO CASCO plenary in Geneva (Switzerland) in September 2014, at the ILAC General Assembly in Vancouver (Canada) in October 2014 and at a meeting of the World Trade Organization (WTO) in Geneva (Switzerland) in November 2014. In addition, the President of the CCM made a presentation at the 49th meeting of the International Committee of Legal Metrology (CIML) of the International Organization of Legal Metrology (OIML) in Auckland (New Zealand) in November 2014.

Resolution 2: On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor climate change on an SI traceable basis

The BIPM has been active in collaborating with other international bodies concerned with the monitoring of environmental factors relevant to climate change:

- A joint workshop on ‘*Global to Urban Scale Carbon Measurements*’ is being planned with the World Meteorological Organization (WMO) to be held at the BIPM in 2015.
- Experts from the WMO are now fully involved in activities related to climate change at both the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry and Biology (CCQM) and the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR). Interaction with them led to the BIPM’s authorship of new WMO guidelines for continuous measurement of ozone in the troposphere.
- A Memorandum of Understanding (MoU) was signed with the International Atomic Energy Agency (IAEA) in 2012 leading to a Joint Workshop on Isotopic Ratio Standards for Greenhouse Gases.

- Collaboration with the International Association for Properties of Water and Steam (IAPWS) led to a joint position paper on ‘*Metrological challenges for measurements of key climatological observables: Oceanic salinity and pH, and atmospheric humidity*’ and ongoing participation of the IAPWS in the Consultative Committee for Thermometry (CCT).
- A BIPM keynote lecture on ‘*Linking Essential Climate Variables to SI traceable measurement*’ was presented at the 16th International Conference on the Properties of Water and Steam (2013).

Resolution 3: Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015

The CIPM has overseen the BIPM’s budget and financial performance. The BIPM has remained within budget and significant steps have been taken to address future financial challenges associated particularly with the BIPM Pension and Provident Fund and health insurance. The actions taken will be discussed further in this report and in the report of the BIPM Director, as well as in reports to be presented by the Chair of the CIPM Sub-Committee on Finance and the Chair of the CIPM Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance.

Resolution 4: On the status of Associate State of the General Conference

The BIPM has continued to encourage all Associates to work towards the status of States Parties to the Metre Convention and the new fee structure approved at the 24th CGPM has been implemented. Eight new Associates States of the General Conference have joined since the 24th CGPM.

Resolution 5: On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference

Following this Resolution, acceptance of Economies as Associates is now only on a case-by-case basis and only with the unanimous support of the CGPM. The BIPM is not currently discussing associate status with any economies.

The CIPM has considered ‘means by which intergovernmental organizations, in particular those from regions without well-developed metrology infrastructure can be involved in the work of the BIPM’. As a result:

- A proposal to establish a new BIPM Visitor Programme has been developed and is presented for consideration at this meeting.
- The BIPM is working with the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) to support the development of AFRIMETS, the African Regional Metrology Organization, by lecturing at a number of workshops and providing advice to UNIDO.
- The BIPM continues to participate in the Developing Countries Metrology Accreditation and Standards (DCMAS) Network, working particularly closely with the OIML, the International Organization for Standardization (ISO) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). It also actively supports Regional Metrology Organizations (RMOs), particularly the developing RMOs such as GULFMET.

Resolution 6: On financial arrears of States Parties to the Metre Convention

The Republic of Cameroon and the Democratic People's Republic of Korea, having been in financial arrears for more than six years, were given 12 months to conclude a rescheduling agreement in accordance with Resolution 6 of the 24th CGPM. Both failed to conclude such an agreement and consequently were excluded from the Metre Convention on 1 January 2013.

Resolution 7: On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears

Rescheduling agreements were concluded with the Dominican Republic and the Islamic Republic of Iran in August 2012 and October 2012, respectively. Both the Dominican Republic and the Islamic Republic of Iran settled their contribution and rescheduled payment of arrears for 2012. However, the Dominican Republic has not settled either its contribution or its rescheduled payment of arrears for 2013. Consequently the Dominican Republic had its rights and prerogatives suspended pending settlement of arrears for 2013. If the full amounts due (contributions and rescheduling payments) for 2013 are not settled by 31 December 2014, the Dominican Republic will be automatically excluded.

The Islamic Republic of Iran (Iran) also did not settle its contribution and rescheduled payment of arrears for 2013 by the due date and had its rights and prerogatives suspended from 1 January 2014, pending settlement of its contribution and rescheduled payment for 2013. Iran initiated payment in full for 2013 and 2014 in the second week of November 2014. However, the amount of arrears is in dispute and in a *Note Verbale* received by BIPM from the Iranian Embassy on 28 October 2014 Iran sought to have a delegation attend the 25th CGPM meeting to have its case for a reduction in arrears considered. This request was received far too late to be considered at the 25th CGPM meeting and, in any case, its membership was in suspension at the time. On the basis of new information provided by Iran and documentation that full payment of its contributions and rescheduled payments for 2013 and 2014 were in the process of bank transfer, representatives from Iran were invited to visit the BIPM on 14 November to discuss the issue and to present their case to the CIPM. Following the discussion and presentation to the CIPM and in view of the payments initiated, an amendment to the rescheduling agreement was agreed such that further payment (as from 2015) of the arrears component is suspended until the dispute on arrears has been addressed. Timely payment of the annual contribution is a *sine qua non* condition for this.

Resolution 8: On the revision of the mise en pratique of the metre and the development of new optical frequency standards

There is excellent work ongoing at the NMIs which will be reported by the Presidents of the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) and the Consultative Committee for Length (CCL).

Resolution 10: On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM

The CIPM established an *ad hoc* Working Group under the Chairmanship of the President of the CIPM, as proposed under the Resolution. The *ad hoc* Working Group comprised 14 members

with representation from the States Parties to the Metre Convention (with maximum, intermediary and minimum contributions), NMIs (properly balanced to represent all regions), the CIPM and the BIPM Director. The Working Group was charged with conducting a review of the role, mission, objectives, long-term financial stability, strategic direction and governance of the BIPM. It met on 14-16 March 2012, with follow-up email discussions and its recommendations were posted on the BIPM website on 6 April 2012. The CIPM response to the recommendations was presented to, and was the main topic of, a meeting of State Representatives and NMI Directors on 16-17 October 2012. Details of actions taken subsequent to the recommendations of the *ad hoc* Working Group were presented to a meeting of State Representatives and NMI Directors on 23-24 October 2013. The key actions are included in Section 8 below and proposals for approval by the CGPM are presented in the form of Draft Resolutions B and C.

8.3. Operational changes within the BIPM

Since the 24th CGPM there have been a number of changes within the BIPM that have resulted in important improvements to its operation. In particular, there have been changes in the management structure and also in the financial and administrative operations that have facilitated greater accountability and given increased flexibility, whilst at the same time maintaining a focus on the delivery of the agreed Work Programme. I take this opportunity to acknowledge the leadership and initiative of the BIPM Director in bringing about these changes and I leave it to him to provide further details.

8.4. Financial Position

There has been a decline in the BIPM's revenue following the removal of 'supplementary contributions' in 2013 but this has been partially off-set by the doubling of the minimum subscription for Associates since 2013 and by the contributions and subscriptions of new Member States and Associates. Also, the internal structural changes effected by the Director have led to cost savings and greater efficiency enabling a small annual surplus to be achieved for 2013 and projected for 2014 with the expectation of a balanced triennial budget for 2013-2015. Further details on the financial position will be presented in the Director's report.

The accrual accounting system in the BIPM has now been fully implemented giving clarity to the true position on assets, depreciation and capital investment and it was pleasing to see that the end-of-year Audit Report for 2013 was free from qualifications for the first time in many years.

There are clearly long-term financial challenges to be faced, but with the assistance and advice of the CIPM Sub-committee on Finance and the CIPM Sub-Committee on Pensions, Provident Fund and Health Insurance, these are being confronted and will be addressed.

8.5. BIPM Work Programme

The CIPM is responsible for overseeing the technical Work Programme of the BIPM approved at the 24th CGPM. The Work Programme for 2013-2015 is on target to achieve all key objectives. Details of

progress have been presented in the annual BIPM Director's Reports available on the BIPM website and highlights of those achievements will be presented by the BIPM Director in his report to the CGPM.

8.6. Consultative Committees

There are currently 10 CIPM Consultative Committees (CCs) and during the period since the 24th CGPM there have been a number of changes in Presidents.

Prof. Ian Mills retired as president of the Consultative Committee for Units (CCU) after 17 years of outstanding leadership. Prof. Joachim Ulrich, President of PTB (Germany) was appointed as the new President of the CCU.

Dr Philippe Richard, Deputy Director of METAS (Switzerland) was appointed President of the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) following the retirement of Dr Mitsuru Tanaka. Dr Richard is not a member of the CIPM but was selected on the basis of his expertise and the lack of comparable experience within the CIPM.

Prof. Huseyin Uğur retired as President of the Consultative Committee for Thermometry (CCT) in 2013 and was replaced by Dr Yuning Duan, Vice Director of NIM (China).

Dr Franz Hengstberger retired as President of the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) in 2012 and has been replaced by Dr Takashi Usuda, Director MMC, NMIJ (Japan).

Dr Robert Kaarls retired as President of the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry and Biology (CCQM) in 2013 and has been replaced by Dr Willie May, Director of NIST (USA).

On behalf of the CIPM, I acknowledge and thank all outgoing Presidents for their leadership and valuable contributions. I especially acknowledge and thank Prof. Mills and Dr Kaarls for their outstanding contribution and dedication over many years.

8.7. Governance and Accountability of the BIPM

Based on concerns within the CIPM that expertise within its ranks was not being used to best effect, on comments and concerns expressed at the 24th CGPM meeting and on recommendations of the *ad hoc* Working Group established in accordance with Recommendation 10 of the 24th CGPM meeting, the following actions have been implemented:

- (i) Three CIPM Sub-Committees and two *ad hoc* Working Groups have been established to advise the CIPM on specific issues: Sub-Committee for Strategy; Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance; Sub-Committee on Finance; *ad hoc* Working Group on CIPM membership; and *ad hoc* Working Group on Conditions of Employment. All members of the CIPM have a position on at least one of these SCs and WGs. Expertise is sought from outside of the CIPM when adequate expertise is not available from within. Dr Christian Bock, Director of METAS (Switzerland) contributes special expertise as an external member of the Sub-Committee on the Pension and Provident Fund and Health Insurance.
- (ii) A compact and clear statement of the BIPM Mission, Role and Objectives for the 21st century has been developed and published.

- (iii) A consolidated planning process has been developed and implemented under which ‘strategic plans’ developed by the CCs are made available to Member State Representatives and NMI Directors for comment. The comments are then taken into account and addressed in a consolidated plan that forms the platform for the preparation of the BIPM Work Programme, which is then also made available to Representatives of Member States and NMI Directors for comment. This has been the process followed in the preparation of the BIPM Work Programme for 2016-2019, submitted to the 25th CGPM meeting.
- (iv) The CIPM recognizes the important role played by Regional Metrology Organizations (RMOs) in world metrology and seeks to engage with and support their activities. To this end the BIPM Director chairs the Joint Committee of Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB), with the CIPM Secretary and, from time to time, other members of the CIPM in attendance. Representatives from the CIPM and BIPM attend the RMO General Assemblies and Workshops. All RMO Chairs are now invited to meetings of Member State Representatives and NMI Directors as a matter of course, and RMO Technical Committee Chairs are invited to Consultative Committee Strategy and Key Comparison Working Group meetings.
- (v) The BIPM has produced a consolidated and compact document of all current applicable rules and operational and decision making processes for the governance of the BIPM. This Compendium is available online. The CIPM now places a summary of decisions taken at its meetings on the BIPM website within two weeks of the meeting and full minutes within 6 months. Also, an annual 4-page BIPM document is produced by the BIPM Director and is available in hard-copy and on the website.
- (vi) Formal reporting to Member States has been rationalized. Whilst reports are posted online as soon as they are available, they are sent annually to Member States as a single coherent printed set.
- (vii) The *ad hoc* Working Group on CIPM membership has produced a ‘Criteria and Process for election of CIPM members’ document which has been endorsed by the CIPM, and by the membership of the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM. The document was shared with Representatives of Member States and NMI Directors at their meeting on 23-24 October 2013 and was placed on the BIPM website on 17 January 2014. The Criteria and Process developed by the *ad hoc* Working Group forms the basis of Draft Recommendation B, which is for consideration at this meeting. In anticipation that Draft Recommendation B, or some variant thereof, will be approved by the 25th CGPM all current members of the CIPM have tendered their resignations from the CIPM with effect from the opening of Session I of the 104th meeting of the CIPM (scheduled for March 2015) in order to allow implementation of the revised rules and procedures.

8.8. Duration of the General Conference

In response to concerns expressed at the 24th CGPM over the duration of General Conferences, the 25th CGPM has been scheduled over three days instead of the traditional five days. The aim is to cover the full agenda but with greater efficiency and shorter presentations in the interest of minimizing costs and time commitments for all Member States and Associates as well as for the BIPM. A further innovation is that we have prepared posters covering the work of each of the

Consultative Committees and the laboratories at the BIPM. They contain a great deal of information that I hope will be found interesting and informative.

8.9. Conclusion

A great deal has been achieved since the 24th CGPM with major changes to governance, accountability, strategic planning, the internal committee structure within the CIPM and the internal management structure and financial processes within the BIPM. These achievements required a great deal of effort on behalf of members of the CIPM and particularly on behalf of the BIPM staff. I believe that as a result of the changes made, the BIPM is in a much stronger position to face future challenges and to more effectively address the needs of Member States.

I take this opportunity to thank all members of the CIPM and all external members of its Sub-Committees, *ad hoc* Working Groups and Consultative Committees for their ongoing commitment and contribution over the past three years. I acknowledge and thank especially the BIPM Director and the BIPM staff for their untiring effort, commitment and dedication during what has been at times a difficult three years and without which the progress achieved would not have been possible.

The President of the CGPM thanked Dr Inglis for his report and invited questions. Mr Holmes (UK) commented that it was clear from the report that the BIPM and CIPM are different organizations from those that were in place at the last meeting of the CGPM in 2011. He congratulated the CIPM and the BIPM on the changes that have been made to transform the organization and to strengthen its finances, which is signified by the unqualified audit. Dr Inglis thanked Mr Holmes for his supportive words and expressed his appreciation.

The Secretary of the CGPM announced the arrival of the delegations from Colombia, Iran and Uruguay.

9. Report by the Director of the BIPM 'Highlights of achievements at the BIPM'

Dr Milton noted that his report complements that given by the President of the CIPM. He started by reporting on some of the actions that have been completed since the 24th CGPM (2011).

The role of the BIPM for the 21st century has been confirmed in a renewed statement of its Mission, Role and Objectives. The mission of the BIPM continues to be to ensure and promote the global comparability of measurements, including providing a coherent international system of units for scientific discovery and innovation, industrial manufacturing and international trade, and sustaining the quality of life and the global environment. The unique role of the BIPM enables it to achieve its mission by developing the technical and organizational infrastructure of the International System of Units (SI) as the basis for the world-wide traceability of measurement results. This is achieved both through technical activities in its laboratories and through international coordination.

A Strategic Plan has been developed for the BIPM which would be described under a later agenda item.

Additionally, there have been improvements in the accountability of the BIPM, for example: data summarizing the performance of the BIPM in key areas of its work are now published annually in the document ‘*Core Data*’; a new website has been designed that provides quicker access to relevant information for different user communities; and all official documents are now available on the website.

Finally, there has been a review of the long-term financial sustainability of the BIPM. The future costs of pension benefits and healthcare insurance have been the subject of independent studies. The long-term financial stability of the BIPM has been confirmed under a range of possible assumptions about future funding levels. Recently, the Financial Statements for 2013 were approved by the independent auditor without adding any ‘qualification’ to his report.

He then described some highlights from the BIPM Work Programme. The role of metrology in facilitating trade has been recognized through the granting of Observer status to the BIPM on the Technical Barriers to Trade Committee of the World Trade Organization (WTO). This will enable the BIPM to further raise the profile of global metrology as a mechanism to avoid technical barriers to trade. The reach and impact of the annual World Metrology Day has been raised; the poster is now translated into more than 20 languages and events are held in more than 30 countries to raise awareness of the importance of metrology among stakeholders and the general public.

This is a historic time as the metrology community moves towards a redefinition of four of the base units of the SI. The work necessary to achieve this has included a final set of measurements with the international prototype of the kilogram (IPK). These measurements have been completed during the last six months. Results of the measurements of the IPK and the six temoins show an average change in the difference between the standards of only 1 μg . This was less than expected from the previous verifications carried out in the 20th century and confirms that the IPK and the temoins are maintained in a stable condition.

The BIPM watt balance has been installed in a new dedicated laboratory and the novel magnet system has been integrated into the apparatus. The standard deviation of repeated measurements of the Planck constant has been reduced from 1.4 parts in 10^6 to 5 parts in 10^7 .

The first of a new series of comparisons of quantum Hall resistance standards between the BIPM and NMIs has been completed. The results have elucidated new information about the limiting factors in resistance calibration.

A new ‘rapid’ version of UTC is being published weekly. It is based on research into new algorithms which have been validated extensively and have differences from the monthly UTC of no more than 2 ns. The accuracy of clock comparison is being improved by at least a factor of 2 through a programme of time-link calibrations in cooperation with the RMOs. This will reduce the accuracy of $[UTC-UTC(k)]$ to about 1 or 2 ns.

A new comparison technique has been developed for short half-life radionuclides and has been demonstrated for $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (6 h half-life) to ^{18}F (1.83 h half-life). New fundamental data based on BIPM ionization chamber response and calorimetric measurements in accelerator beams will underpin improved world-wide dosimetry using ionometric methods.

A new qNMR facility had been opened, following a collaborative programme with the NMIJ, Japan, and the donation of a 400 MHz NMR facility by JEOL (Japan). The most accurate absolute measurements of the absorption cross section of ozone confirmed the existence of significant bias in data used by global air quality networks.

He finished by describing how the debate about the balance of activities carried out at the BIPM has been facilitated by a new approach to the development of the proposals for its work programme for

2016-2019. In particular, full costs and staff resources are shown and the laboratory activities are grouped in three areas: physical metrology, time metrology and thematic projects. The coordination and liaison activities have also been highlighted.

In summary, the strategic direction of the BIPM has been renewed, the accountability of the BIPM has been improved, and the long-term sustainability of the BIPM has been studied and confirmed. Progress has also been made in all areas of the work programme, the BIPM has engaged more effectively with international organizations, and finally new sources of support have been identified that enable the BIPM to deliver activities that add further value to the agreed work programme.

The President of the CGPM thanked Dr Milton for his report and invited questions. There were none.

10. Report by the President of the CCU

Prof. Dr Ullrich, President of the Consultative Committee for Units (*Comité consultatif des unités*, CCU) presented his report on the activities of the CCU since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

The CCU, created in 1964, provides advice to the CIPM on all matters concerning the central goal and most important task of the Metre Convention, namely to establish, maintain and disseminate a state-of-the-art International System of Units, the SI, to Member States and Associates of the CGPM. As of now this is a total of about 100 countries representing more than 94 % of the world economy.

To fulfil its task, the CCU seeks advice from and liaises with its members and stakeholders, international associations, commissions and committees as well as intergovernmental organizations and international bodies, and works in close collaboration with all related Consultative Committees (CCs) and the National Metrology Institutes (NMIs).

The main challenge facing the CCU at present is to guide, coordinate and scientifically underpin the envisaged fundamental change of the SI towards the ‘New SI’. The new system will be based on fixing the numerical values of a coherent set of ‘Defining Constants’ and establishing procedures that realize the units, the *mises en pratique* (MeP), rather than still partly relying on artefacts, material properties or idealized definitions to define the units,

Since the adoption by the CGPM of Resolution 1 (2011) ‘On the possible future revision of the International System of Units, the SI’, the CCU has focused its activities preparing for the redefinition, especially by providing a draft of the first three chapters of the 9th Edition of the SI Brochure, the most widely used publication of the BIPM. This draft is now publicly available for comments. Meetings have been scheduled in order to finalize the Brochure in due time before the 26th CGPM meeting in 2018. Moreover, a logo for the ‘New SI’ is currently being designed and measures for informing the wider public about the redefinition are being taken.

A ‘Strategy document for the CCU for the period 2013 to 2023’ was prepared in February 2014, which will be reviewed and improved during the next CCU meeting in June 2016.

‘*Supplement 2014*’ (in French and in English) that lists updates to the current 8th Edition of the SI Brochure was released in June 2014.

In response to a request for guidance, the CCU Working Group on ‘Angles and Dimensionless Quantities’ was created in June 2014 and will meet for the first time in February 2015.

Prof. Dr Joachim Ullrich, President of PTB, Germany, and member of the CIPM, was appointed by the CIPM as President of the CCU as from 1 January 2014, succeeding Prof. Ian Mills, who served in this position for more than 17 years. Prof. Ian Mills was appointed as an ‘Honorary Member of the CCU’ in March 2014.

Scope of the CCU

The CCU, created in 1964, provides advice to the International Committee for Weights and Measures (CIPM) on all matters concerning the central goal and most important task of the Metre Convention, namely to establish, maintain and disseminate a state-of-the-art International System of Units, the SI, to Member States and Associates of the CGPM. As of now this is a total of about 100 countries representing more than 94 % of the world economy.

The work of the CCU is concerned with matters related to:

- the development and improvement of the International System of Units (SI)
- providing advice to the CIPM about units of measurement in general
- providing information and advice on units and their use beyond the CIPM to a wide range of international bodies, associations, commissions and committees as well as individuals who approach the BIPM seeking such information
- monitoring and commenting on the *mises en pratique*, and providing advice to the CIPM as to their scientific foundation, overall consistency and harmonization.

To fulfil its task, the CCU seeks advice from and liaises with its members and stakeholders, international associations, commissions and committees as well as intergovernmental organizations and international bodies, and stays in close collaboration with all related Consultative Committees (CCs) and National Metrology Institutes (NMIs).

The CCU is responsible for the preparation of successive editions of the SI Brochure, including the ‘Concise Summary of the SI’ and any other summaries relevant to metrology institutes, industry, universities and school teachers as well as to the general public. The SI Brochure, now in its 8th Edition (dated 2006), is the most important and widely used publication of the BIPM. It is the result of work by many people, both inside and outside the BIPM, and its production requires a high level of scientific knowledge and experience. Every care is taken with preparing the text, not only in the accuracy of the meaning but also because it is translated into many other languages as well as being used by people whose mother tongue is neither French nor English

Strategy

According to the scope of the CCU, which is to provide advice to the CIPM in all matters concerning measurement units in general and the SI in particular, it has in recent years developed a strategy for redefining the base units to cope with the advancing needs of industry, society and science.

This has resulted in the development of the ‘New SI’ that is now based on two key elements, namely:

- (i) fixing the numerical values of a consistent and coherent set of ‘Defining Constants’ and
- (ii) establishing procedures to realize the units: the *mises en pratique*.

The revision, based on Resolution 1 (2011) of the CGPM, includes new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole. The main present challenge of the CCU is to guide, coordinate and scientifically underpin the fundamental change of the SI to the ‘New SI’.

Strategic guiding principles of this effort are:

- I. Ensuring continuity and practicability.
- II. Ensuring coherence, stability and a sound scientific foundation.

For example, the uncertainty limits of the watt balances and the silicon sphere experiments and their consistency as formulated by the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) are key requirements in the decision to redefine the SI. Both experiments can be used to determine Planck’s constant h , or equivalently, establish the relation between the kilogram and the future defining constant h . At the same time their consistency together with results of experiments on the so-called ‘quantum metrological triangle’ guarantees the consistency of realizations of the ampere, and thus, of the electrical units, based on utilizing the von Klitzing and the Josephson constants.

- III. Enabling the realization of the units so that the advancing needs of industry, society and science are always satisfied at the highest technological level.

Here, the new approach offers the following advantages:

- many SI units can be realized directly from an appropriate combination of the Defining Constants, with no difference between units called base units or derived units today.
- a unit may be realized via fundamentally different experiments (e.g. on a macroscopic level the kilogram might be realized by a watt balance and silicon spheres, and on a microscopic level by photon recoil or De-Broglie wavelength measurements), which enables key comparisons with no or little correlation.
- the units are defined and may be realized on the entire scale and not only, such as for the present kelvin, at just two fixed points, requiring interpolations and extrapolations.
- any unit can be realized, in principle, with ever-increasing accuracy in the future as science and technology evolves, since the definitions do not include *mises en pratique*.

In the future, new suggestions for realizations of units in terms of the Defining Constants will emerge together with further proposals for the *mises en pratique*. The CCU will monitor these developments, ensure consistency of the overall system and provide scientific advice to the CIPM in close cooperation with the CCs involved. The CCU intends to propose a strategy on the approval and publication of the *mises en pratique*.

The present situation is that a detailed roadmap for redefining the kilogram by 2018 has been developed by the CCM, and was presented to the CIPM at its 103rd meeting in March 2014. It includes distinct requirements on the quality of the experimental data requested for fixing the numerical value of the Planck constant. Similar requirements have been stated by the other CCs involved and it is expected that progress will be such that redefinition may be envisaged for 2018.

Within the next five years increasing attention from stakeholders as well as from the public is expected and the CCU will develop strategic means to prepare the wider scientific, technical,

industrial and educational communities for the redefinition. Presently, efforts are being undertaken involving university experts in didactical physics to present the ‘New SI’ to high school students via specific publications, instructions to teachers, apps and schoolbooks. The President will continue to attend meetings of other Consultative Committees in order to further support the harmonization of views, if needed. Even in the years directly after redefinition, much public attention is anticipated, and the CCU along with its President will undertake further work towards providing explanations and increasing general acceptance.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

Main activities

The most important activity of the CCU in recent years has been the preparation of the ‘New SI’. This is the subject of Resolution 1 (2011) of the CGPM as well as of the suggested Draft Resolution for the CGPM at its 25th meeting, approved by the CIPM at its 103rd meeting in March 2014.

The CCU has accomplished the following:

- The draft of the first three chapters of the 9th SI Brochure describing the ‘New SI’ was finalized in December 2013, and has been made available to the widest possible audience on the open BIPM website. Comments have been invited for submission by March 2015. The comments are currently being collected and saved on the access-restricted CCU website.
- In January 2014, the President of the CCU re-established the ‘Drafting Team for the 9th SI Brochure’, which had been set up at the 21st meeting of the CCU in June 2013. The ‘Drafting Team’ will meet in June 2015 in order to review the comments received on the draft first three chapters of the 9th SI Brochure.
- ‘*Supplement 2014*’ (in French and in English) listing updates to the current 8th Edition of the SI Brochure was released in June 2014, ‘*Supplement 2014 to the 8th Edition of the SI Brochure*’. This document gives a list of the most significant changes to be made to the 8th Edition of the SI Brochure that appeared in 2006. They are based on recommendations made by the CCU at its 19th, 20th and 21st meetings and approved by the CIPM at its 103rd meeting in March 2014. The intention was not to conduct a comprehensive review of the full text, but to update the most significant items in order to harmonize them with the most recent recommendations and to update references to other documents. It includes the new definition of the astronomical unit for length adopted in 2012 by the XXVIII General Assembly of the International Astronomical Union (IAU). The document (edited in English and in French) was produced by a small group of CCU individuals under the supervision of the President of the CCU, who took this opportunity to enhance the collaboration with the International Organization for Standardization (ISO) and the International Electrotechnical Commission (IEC) through their representatives on the CCU.
- A CCU Working Group was created with the task of reviewing the ‘Angles and dimensionless quantities in the SI’, for which some guidance in the use of units and in expressing values of quantities is requested. The terms of reference, the membership and the chairmanship of this body were approved by the CCU through e-mail correspondence. The first meeting of the Working Group will be held at the BIPM in February 2015 with the aim of developing advice for the presentation of units for dimensionless quantities, including counting quantities.

- The President, in consultation with a small subgroup of the CCU, is working on the production of a logo for the ‘New SI’. A first layout was presented and approved as a basis for further iterations by the CIPM at its 103rd meeting in March 2014.

The CCU strategy document, with a first draft provided by the former President of the CCU, Prof. Ian Mills, who retired from the CCU on 31 December 2013, has been completed, distributed to the CCU for comments and published on 6 February 2014 by the next (and current) President of the CCU, Prof. Dr Ullrich, who took up his CCU duties on 1 January 2014. Since there has not been enough time to carry out further work on the document so far, it will be elaborated, discussed, improved and completed through more detailed long-term plans within the next plenary CCU meeting scheduled for June 2016.

Challenges and difficulties

One of the challenges the CCU may have to face is linked to the implementation of the ‘New SI’. Convincing the communities of the need to depart from artefacts and prototypes is still an ongoing task. The CCU also needs to review its membership composition with the CIPM in order to better involve its stakeholders in the discussions, and attain their general support.

The CCU will continue to provide advice on the accuracy and consistency of the defining constants in order to ensure a smooth transition from the present to the ‘New SI’. The CODATA Task Group on Fundamental Constants will provide the adjusted values of the future Defining Constants in terms of the present SI units. The CCU will advise on the numerical values of the defining constants, which do not necessarily have to be exactly the numbers given by CODATA but may be chosen to be slightly different from these, in order to mitigate the overall changes when switching from the present to the ‘New SI’.

Outlook in the short and long term

With the goal to present the 9th Edition of the SI Brochure in French and English to the CGPM in 2018, the following steps have been or will be taken:

- The CCU President suggested to the CIPM during their March 2014 meeting that they invite CCs to carefully read and comment on the present version of the first three chapters of the 9th SI Brochure by March 2015
- These comments will be considered during a meeting of the Brochure ‘Drafting Team,’ scheduled for June 2015
- The next CCU meeting is scheduled for 15-16 June 2016 and is intended to approve a close-to-final version of the 9th Edition of the SI Brochure based on the ‘Drafting Team’ version, but taking into account any new developments that might have appeared by then
- The final draft is expected to be ready in October 2017
- The CCU should meet at the beginning of 2018 with the aim of drafting a Resolution on the adoption of the ‘New SI’ for the CGPM at its 26th meeting
- The 9th Edition of the SI Brochure will be ready in French and English in due time before the CGPM of 2018.

The current CCU activity on dimensionless and counting quantities is intended to be settled with the 9th Edition of the Brochure. Here, a systematic approach needs to be developed, synchronized and harmonized with parallel efforts within ISO/TC12, where work is in progress.

The way the 9th SI Brochure will be published is still to be decided with the idea being to make the best use of new media and web applications (developed for smart phones, tablets, etc.). This will facilitate firstly, easy access to the SI for the widest possible audience, and secondly, straight-forward maintenance of the SI Brochure, which will then be kept continuously up to date. The number of printed volumes may be significantly reduced.

Challenges beyond 2018 include:

- monitoring developments and providing advice to the CIPM concerning ever-improved optical clocks and the implementation of these results in the definition of the SI second
- considering whether to systematically include physiologically weighted quantities,
- monitoring upcoming *mises en pratique* in discussions with the CCs and increasingly with the stakeholders, in particular with standardization organizations, considering working out a strategy for their approval and appropriate publication.

CCU Data

CCU set up in 1964

President: J. Ullrich

Executive secretary: C. Thomas

Membership:

17 members (10 international organizations and 7 NMIs, plus two Personal Members and one Honorary Member), no observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

11-12 June 2013

One Working Group:

‘Angles and dimensionless quantities in the SI’

11. 'On the future revision of the International System of Units, the SI' (Draft Resolution A)

Prof. Dr Ullrich continued by presenting Draft Resolution A 'On the future revision of the International System of Units, the SI' and gave the background to the proposed new definitions. The kilogram is currently defined by an artefact (the IPK) whose stability cannot be verified independently. The definitions of three other units (the ampere, the mole and the candela) also depend on the kilogram. The kelvin is defined with respect to a material property, the triple point of water, which is not connected coherently into the SI. This non-ideal situation for five of the seven base units of the SI triggered the CIPM to develop Recommendation 1(CI-2005) 'Preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants' in 2005 and the subsequent Resolution 12 of the 23rd CGPM meeting (2007) 'On the possible redefinition of certain base units of the International System of Units (SI)' and Resolution 1 of the 24th CGPM meeting (2011) 'On the possible future revision of the International System of Units, the SI'. These resolutions were a precursor to a new system where units will be defined by fixing the numerical values of the 'defining constants of the SI', namely the caesium hyperfine splitting frequency, the speed of light in vacuum, the Planck constant, the elementary charge (i.e. the charge on a proton), the Boltzmann constant, the Avogadro constant, and the luminous efficacy of a specified monochromatic source.

He presented the defining constants and went through the existing and proposed new definitions of the second, metre and kilogram. The redefinitions will address concerns that the wording is too complicated by using a coherent form of explicit constant definition throughout. The revisions will provide a fundamentally improved concept with the following advantages. Typically, the definition for each unit will include a 'set' of 'defining constants'. There will be different realizations for each of the units e.g. for the kilogram there are the silicon crystal, Avogadro and watt balance experiments. Realizations will be possible across the entire scale, for example masses of less than 1 kg. The electric units will be fully integrated back into the SI. In the future, if improved or new experiments come along to realize a unit in a better way, then it will be possible to take advantage of the advances, without having to make any further changes; traceability can be provided with an accuracy that is only limited by the most advanced techniques to date, with no further redefinitions required.

The next step is to ensure continuity and practicability and this will involve further work on the defining constants. The electric charge is already known with a relative uncertainty of 10^{-8} and this is sufficiently accurate for the redefinitions. Work is ongoing on the Planck constant, the Avogadro constant and the kelvin.

Prof. Dr Ullrich read the text of Draft Resolution A, the full text of which is available in the *Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)* (see Appendix A).

The President of the CGPM thanked Prof. Dr Ullrich and invited comments on the CCU presentation and Draft Resolution A.

Dr Miki (Japan) thanked all of the CCs and people involved in the preparations for the new SI and commented on Draft Resolution A. He was of the opinion that the new definitions will be difficult to understand by the general public and even some experts. Resolution 1 of the 24th CGPM meeting (2011) included text to encourage the CIPM to continue the effort to formulate better definitions for the general public. Dr Miki commented that it remains a good idea to have such a resolution as there are still some years before the redefinitions take place and he opined that it is very important to make the new system as clear and easy to understand as possible. He proposed that additional text be added

to Draft Resolution A to cover this proposal. Prof. Dr Ullrich replied that the CCU is developing separate resources to explain the redefinitions to interested parties, from students through to technical personnel. Guidelines and other resources such as ‘Apps’ will be developed for all end users and stakeholders in order to make the redefinitions as understandable as possible.

Dr Zvizdic (Croatia) thanked Prof. Dr Ullrich for his presentation. He expressed his pleasure that concerns raised by Croatia at the 24th CGPM meeting about the wording of the redefinitions in the Draft Resolutions have been addressed. He also complimented the CCU on its initiatives to explain the redefinitions to all levels of students.

Dr Steele (Canada) congratulated Prof. Dr Ullrich on his presentation and commented on the enormous amount of effort and the great success the metrology community has had in a very short period to achieve consistency at what was originally deemed to be an incredibly difficult level. He commented that this provides evidence of the collaboration, openness and expertise of the team of scientists around the world and added that, in his opinion, it is not generally understood outside of the metrology community just how difficult these experiments are. In 2013, *Nature* published a list of the top ten most difficult experiments to perform. Determination of the Planck constant was the second most difficult after the CERN experiments to realize the Higgs Boson. Secondly, the work of the CGPM, CIPM and CCU to popularize the redefinitions and to go beyond the laboratory primary realizations is indicative of the changing strategy and role of the broad metrology community in the wider world for trade and education. Prof. Dr Ullrich followed up these comments by thanking the NMI community for the tremendous efforts that have gone into the improvement of the values.

Ms Santo (Uruguay) commented on the significant amount of work that has been carried out by many NMIs towards the achievement of the new definitions since the last CGPM meeting in 2011. She asked how long it will take to resolve the outstanding technical issues in the mass and kelvin definitions. Prof. Dr Ullrich replied that he is confident that the issues will be solved over the next 2 to 3 years.

Dr Sacconi (Italy) noted, as the President of the Consultative Committee for Length (CCL), that the definition of the metre has been based on a physical constant for more than 30 years, paving the way for the other redefinitions. He complimented the CCU on its work to communicate the redefinitions to as wide an audience as possible. Prof. Dr Ullrich commented that the success of the length community whereby measurements can be made from nanometres to astronomic distances using the same definition has encouraged the metrology community to go ahead with the redefinitions. He reiterated that communicating the redefinitions to the wider community remains a very important task for the CCU.

12. Report by the President of the CCM

Dr Richard, President of the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (*Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées*, CCM) presented his report on the activities of the CCM since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

The CCM has active working groups that span the following diverse areas of metrology: realization of the unit of mass, dissemination of the unit of mass, density and viscosity, force and torque, pressure and vacuum, flow, hardness and gravitational acceleration. The CCM Working Group on Strategy seeks to provide guidance on the coordination and harmonization of these activities.

Much of the present work of the CCM is focused on preparing the transition to a new definition of the kilogram. A roadmap has been developed to organize this work.

However, not all of the working groups are affected by this change; some are concerned with the improvement of existing technical capabilities or the development of new capabilities.

Scope of the CCM

Present activities concern matters related to the comparisons of mass standards with the international prototype of the kilogram (IPK), considerations affecting the definition and realization of the unit of mass, establishment of international equivalence between national laboratories for mass and a number of related quantities (density, pressure, force, fluid flow, viscosity, hardness, gravitational acceleration) and advice to the CIPM on these matters.

Strategy

At the time the Consultative Committees were asked to develop a coherent strategy in order to achieve their aims more efficiently, the CCM was temporarily without a President. The previous President had resigned his position and a successor was yet to be appointed. At the same time, the CCM had no Working Group on Strategy (WGS). A Working Group was thus created to remedy the situation and an interim Chairman was appointed in order to develop the CCM strategy. The appointed Chairman eventually became the CCM President.

The WGS is chaired by the President of the CCM. The members are the chairs of the CCM Working Groups and two advisory members selected by the President. Relevant chairs of the technical committees of the Regional Metrology Organizations (RMOs) are invited to participate in meetings.

The major themes, challenges and actions in the strategy document published by the CCM (<http://www.bipm.org/utis/en/pdf/CCM-strategy-document.pdf>) are to:

- Reorganize of the working group structure of the CCM in order to work more efficiently;
- Simplify the terms of reference of the CCM working groups;
- Prepare carefully for the redefinition of the kilogram;
- Stay current with technical developments in CCM technical areas not directly affected by redefinition of the kilogram;
- Identify and then mitigate structural problems that delay the publication of key comparisons;
- Maintain a liaison with the RMOs;

- Give final approval to key comparison reports produced by the CCM and RMO reports linked to the work of the CCM.

Many of these activities are reflected in the following sections.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

Main activities

The CCM organized a successful workshop on 21-22 November 2012 concerning the *mise en pratique* of the (new) definition of the kilogram. The views of a broad range of stakeholders were represented and many technical reports were presented and discussions held. The report of the workshop and the majority of presentations are publicly available on the CCM webpages hosted on <http://www.bipm.org/metrology/mass/committees.html>. The basic understanding reached among participants was carried forward to the CCM meeting held on 21-22 February 2013. This meeting saw progress within the CCM on the drafting of the *mise en pratique* as well as the formulation of CCM Recommendation G1 (2013) ‘On a new definition of the kilogram’. The latter was formally communicated to the CIPM. The tasks outlined in the Recommendation were then elaborated in the CCM Roadmap which ends in a redefinition of the kilogram in 2018.

The Workshop also revealed the necessity to communicate possible implications of the redefinition to the majority of NMIs who will not have their own primary realization of the new definition, as well as to end users of mass calibrations. This task is captured in the Roadmap as the ‘Consultation/announcement’ activity.

In 2013 and 2014 the CCM President held various seminars and made oral presentations to raise global awareness of the redefinition of the kilogram in China (2), in the United Arab Emirates (2), in Switzerland (2) and at the 2014 Conference on Precision Electromagnetic Measurements in Brazil. The Interim Acting Executive Secretary presented a general talk at the 2013 ‘kilogram NOW’ workshop in Italy, an introductory talk at the 2014 CCQM workshop on the redefinition of the mole and a talk at a recent meeting of the IUPAC ‘mole project’.

In addition, the structure of the CCM has been streamlined by combining existing working groups that had similar interests and membership. This has resulted in a reduction in the number of working groups from fourteen to nine within the last two years.

A short document now explains how the CCM will approve final reports of CCM and RMO key comparisons and RMO supplementary comparisons. The document is publicly accessible: http://www.bipm.org/utis/en/pdf/CCM_Guidelines_on_Final_Reports.pdf.

INMETRO (Brazil) became a CCM Observer in 2013.

In February 2014, workshops were held at the BIPM in the fields of Pressure and Vacuum. Drivers for current research and development in the field of pressure were addressed in ‘Research and Technical Development in High Pressure Metrology Today’, which included presentations of the R&D programmes of four NMIs and a joint European project on pressure metrology.

The CCM Working Group on Fluid Flow (WGFF) has posted ‘Guidelines for CMC Uncertainty and Calibration Report Uncertainty’ on the BIPM website (open access). These were approved in 2013. In June 2014, the WGFF held a teleconference hosted by the BIPM. Participants communicated by telephone link while following presentations that were available as downloads from the restricted WGFF page of the CCM website. An important topic was how best to exploit results of comparisons

when the travelling standard does not behave as expected. This topic has wider interest within the CCM, and perhaps across CCs.

An important joint strategy document, now in its final draft, has been provisionally agreed between the CCM and Commission 2 ‘Gravity Field’ of the International Association for Geodesy (IAG). The principal objective of this document, initiated by the CCM President, is to coordinate and harmonize activities carried out by the two bodies. This will help to ensure traceability to the International System of Units (SI) for gravity measurements at the highest level of accuracy, for the purposes of both metrology and geodesy, within the framework of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA).

In a related activity, in November 2013 the second Key Comparison (CCM.G-K2) of gravitational free-fall measurements was conducted at the Walferdange Underground Laboratory for Geodynamics (Luxembourg). The key comparison was organized within the CCM Working Group on Gravimetry (WGG) and piloted by METAS (Switzerland). The ability to measure gravitational free fall is important, for instance, in order to realize the new definition of the kilogram by the watt balance method.

The results of CCM.M-K4 have recently been published. This is a comparison of measurements of 1 kg stainless-steel mass standards organized within the CCM Working Group on the Dissemination of the kilogram (WGD-kg) and piloted by the BIPM. The results and conclusions are interesting in the context of the redefinition of the kilogram. Sixteen NMIs and the BIPM took part, and agreement was within expected limits for all but one of the participants. Nevertheless, a close examination of the results led the authors to make several valuable recommendations for improving the dissemination of the kilogram from the BIPM.

Challenges and difficulties

The mass community faces major challenges in the implementation of the redefinition of the kilogram. The resolutions of many of these challenges are seen as steps in the roadmap shown above. Briefly, the various communities with legitimate concerns that must be addressed are: NMIs that have developed a suitable realization of the new definition; NMIs that are working on such a realization; all other NMIs; the legal metrology community; balance and weight manufacturers; the regulatory community; science educators; and the interested public.

In addition there are a number of technical issues that must be resolved prior to redefinition of the kilogram. The first phase of the extraordinary calibrations involving the IPK and its six official copies produced evidence that the IPK and its copies constitute a coherent mass ensemble; however these measurements also showed that the mass of the standards used in the BIPM Mass Department had drifted away from the mass of the IPK ensemble since the third periodic verification, which had been completed in 1992. An international group of experts, known as the Support Group, has been established to advise the BIPM Director on questions arising during the course of this work.

In the second phase of the extraordinary calibrations, it is planned for 1 kg mass standards to be sent for calibration to the BIPM by NMIs working on a determination of the Planck constant. The techniques developed for such measurements are likely to be used as primary realizations of the new definition of the kilogram.

Within the CCM, there is a wide range of interests as reflected by the diversity of its technical working groups. Only a fraction of these groups are deeply concerned with the redefinition of the

kilogram, and it is important to pay close attention to other important concerns such as the metrology of dynamic measurements in force and pressure metrology or new instrumentation in other technical fields.

Other more routine difficulties must also be continually addressed. These include minimizing the delays in carrying out key comparisons and reporting their results.

Outlook in the short and long term

By the end of 2015 the CCM will have held its 15th meeting (26-27 February 2015), preceded by meetings earlier in the week of most Working Groups, including the Working Group on Strategy. The major goals of the CCM meeting are:

- Final approval of the *mise en pratique* of the (new) definition of the kilogram;
- Examination of the results to date of the ‘extraordinary calibrations’ carried out by the BIPM and making use of the IPK and its six official copies;
- Examination of the status of the CCM’s necessary conditions to redefine the kilogram as set out in CCM Recommendation G1 (2013).

As an improvement to previous meetings, each CCM member will be asked to prepare a short written report of relevant scientific activities, to be provided prior to the meeting.

By the end of 2017 the CCM expects to complete a CCM pilot study demonstrating that the new definition of the kilogram can be realized and disseminated according to the *mise en pratique*. In addition, the next in the successful series of CCM international conferences on pressure and vacuum metrology will be held during this period.

A special issue of *Metrologia* containing technical papers in support of the *mise en pratique* of the new definition of the kilogram is being prepared for publication in early 2017.

In the long term, from 2018 and beyond, the CCM expects to strengthen the infrastructure that supports the new definition of the kilogram by facilitating the following goals:

- Completion of the tasks shown in the Roadmap;
- Ensuring that a sufficient number of primary realizations of the unit of mass are always available;
- Ensuring that an ensemble of artefact mass standards is established and maintained at the BIPM to aid in the dissemination of the unit of mass;
- Developing artefact mass standards that are suitable for use in both air and vacuum, and which do not interact significantly with the magnetic fields of a watt balance;
- Development of less expensive and more easily operated apparatus to realize the kilogram in terms of the Planck constant for use by the NMIs;
- Continuing the development of technical and scientific activities in the CCM Working Groups according to the CCM Strategy and the Working Group action plans.

CCM Data

CCM set up in 1980

President: P. Richard

Executive secretary: R. Davis (Interim Acting)

Membership:

22 members and 5 observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

21-22 February 2013

Nine Working Groups:

Strategy (WGS)

Realization of the kilogram (WGR-kg)

Dissemination of the kilogram (WGD-kg)

Density and Viscosity (WGDV)

Force (WGF)

Pressure and Vacuum (WGPV)

Fluid Flow (WGFF)

Hardness (WGH)

Gravimetry (WGG)

CCM Comparison activity	Completed	In progress	Planned
CCM key comparisons (and supplementary comparisons)	81	4	12
BIPM comparisons	0	0	0
CC pilot studies	1	1	2
CMCs	2779 CMCs in 66 service categories registered in the KCDB		

The President of the CGPM thanked Dr Richard for his report and invited questions. There were none.

13. Report by the President of the CCEM

Dr Inglis, President of the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (*Comité consultatif d'électricité et magnétisme*, CCEM) presented his report on the activities of the CCEM since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

Electricity and magnetism covers a very broad field of metrology which is based on a large number of measurement standards realizing many derived units and ratios. Over the past three years the CCEM has reviewed the major challenges in electromagnetics that are foreseen over the next ten years and has developed a Strategic Plan. Monitoring the progress of electrical methods to realize the kilogram has continued along with preparations for the proposed redefinition of units. A *mise en pratique* has been developed for the base SI electrical unit, the ampere, and for derived electrical

units. The CCEM is mindful of the expected impact of the redefinitions on the electrical stakeholder community and has established a special *ad hoc* Task Group to consider the implications of the new definitions and their effective communication. The key comparison programme and the coordination of the CMC review process continue to be major activities for the CCEM. Initiatives have been taken to reduce the workload and increase the efficiency of processing. The short-term and long-term outlook for CCEM activities is assessed.

Scope of the CCEM

The CCEM is responsible for advising the International Committee for Weights and Measures (CIPM) on all matters related to measurement standards for electricity and magnetism and for reviewing and advising the CIPM on the work programme activities of the BIPM Electricity Department.

The application of Electricity is ubiquitous in daily life and electrical metrology covers a broad field involving many quantities and requiring many derived and ratio standards. Typical examples are voltage, current, resistance, capacitance, inductance, power, transformer ratio, ac-dc transfer, electrical field strength, magnetic field strength, antenna factors and radiofrequency scattering parameters. In many cases the quantities span a very wide range of values (for example nanovolts to megavolts). Many quantities also depend on frequency, which ranges from dc far into the radiofrequency range, with different techniques required for different ranges.

Reliable measurements of electrical quantities underpin measurement results in many different areas, since most modern measuring instruments use electrical signal transducers and electrical signal processing. Electrical energy provides the second largest contribution to the total final energy consumption.

No practical direct realization of the ampere, the SI base unit for electricity, exists. Therefore, the CCEM is responsible for ensuring the realization and maintenance of the SI base unit in terms of derived electrical units. It organizes key comparisons of the corresponding quantities over a wide range of magnitude and frequency. Due to the vastly different technologies required in the low frequency and the radiofrequency ranges, the detailed technical work of the CCEM is undertaken by two CCEM Working Groups; the low-frequency and the radiofrequency working groups.

The CCEM establishes the list of internationally recognized calibration and measurement capabilities (the CMC service categories) for electricity and magnetism in the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA). It is particularly aware of the workload imposed by the CIPM MRA and works towards streamlining the international review process for individual CMCs in electricity and magnetism, submitted by member NMIs.

The CCEM is addressing the consequences of the proposed redefinitions of some of the SI base units, in which the electrical quantum effects play a central role and identifies the major challenges in electromagnetic metrology that contribute to the strategic planning of its member institutes.

Strategy

A CCEM strategy document was developed in late 2012 and early 2013 by a task group appointed by the CCEM President, in response to a request from the CIPM. The document focuses on two main components: future technical challenges in electromagnetism and the need for future

key comparisons. It contains an annex entitled ‘*Big Problems in Electromagnetics*’, describing what the CCEM considers to be the major technical challenges in electromagnetics over the next 10 years: this annex will be regularly updated. The main themes are: single electronics, single photonics, quantum voltage and resistance, the electronic kilogram, nano-bioelectronics, molecular electronics, spintronics, nano-magnetism, traceable THz metrology and the physiological effects of ac and dc magnetic fields.

The strategy document also identifies four major challenges for the CCEM:

- Reducing the workload related to the CIPM MRA, in particular the review and maintenance of the CMCs;
- Managing the expected change of the magnitude of the volt caused by the redefinition of the base units, which will be significant for some stakeholders;
- Supporting the development of more versatile and widely available electrical quantum standards;
- Supporting electrical metrology in new and in rapidly growing fields.

Within the CCEM there are presently five Working Groups: one overseeing the comparison programme in the field of low frequency (WGLF), one overseeing the comparison programme in the field of radiofrequencies (GT-RF), one coordinating the processes related to the CIPM MRA between the RMOs (WGRMO) and two concerned with different aspects of the planned redefinitions (a working group on the SI (WGSi) and a working group on electrical methods to monitor the stability of the kilogram (WGKG)). In addition there is an *ad hoc* Task Group to communicate to the electrical stakeholder community on the implications of the proposed redefinitions. The CCEM regularly reviews the activities of its working groups: the current groups are considered to be appropriate. A previous Strategic Planning Working Group (WGSP) was dissolved after production of the ‘*Big Problems in Electromagnetics*’ document.

Lists of key comparisons are regularly reviewed by the CCEM and a further review was undertaken as one of the objectives of the strategic planning exercise. The work resulted in relatively little change with respect to the first round of key comparisons. One exception in the rf field is the replacement of an rf voltage comparison with a comparison of waveforms.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

Main activities

The CCEM has prepared a *mise en pratique* for the electrical units, which is regularly reviewed. The CCEM has discussed the effects of the planned redefinition of four of the SI base units on the electrical units. At present the volt and the ohm are derived from two macroscopic quantum standards, the Josephson voltage standard and the quantum Hall resistance standard. The equations for these two effects include two constants, the Josephson constant and the von Klitzing constant for which the CIPM recommended the use of ‘conventional’ values in 1990. As a consequence of the planned redefinitions, the ‘conventional’ values would be abandoned and replaced by the SI values of these constants. This would lead to a relative change of about 1 part in 10^7 for the volt, a change which will be significant for some stakeholders (instrument manufacturers). The CCEM Task Group set up to consider the implications of this change has led to presentations being made on this subject at the NCSLI and the CPEM conferences in 2014 and a paper published in *Measure*. The CCEM has reviewed and commented on the CCU proposal for the new definition of the ampere.

The CCEM WGKG organizes regular meetings of scientists working on watt balance experiments, to which representatives of the Avogadro community are invited. These meetings are often held in conjunction with the CPEM conference. They allow an in-depth discussion of technical matters between the scientists working on these experiments.

In 2013, the CCEM had the largest number of CMC entries (about 7 100) in the BIPM key comparison database (KCDB). This large number reflects the broad field covered by electromagnetic metrology. Discussions were held on how to simplify and streamline the review and maintenance of the CMCs. A number of recommendations were made to facilitate the review process:

- RMOs were encouraged to cooperate in reviewing new CMC sets. It is not necessary that all RMOs review the same CMC set. RMOs (through the chairs of the relevant technical committees) shall communicate with one another to divide responsibility or to decide who will participate.
- Shorter deadlines were agreed to speed up the review process.

In addition it was agreed that the presentation of the CMCs should be simplified. In many cases individual CMCs can be regrouped into one single CMC table, with one or two independent parameters. The application of this approach by EURAMET resulted in a reduction of about 1 600 CMC lines. The APMP has followed this approach in 2014.

Since the last meeting of the CGPM, the CCEM has approved three CCEM key comparisons and seven RMO key comparisons. It has reviewed 15 RMO supplementary comparisons. The BIPM Electricity Department has carried out 18 bilateral comparisons during this time.

The first round of key comparisons in electricity and magnetism is essentially complete and the comparison needs for a second round have been carefully considered. In the field of low frequency measurements, the existing list of key comparisons is considered to be appropriate (with some minor modification of parameters) and it was decided that the comparisons should be repeated during the next ten years. In the field of radiofrequency measurements it is not generally possible to repeat all comparisons, since the resources are limited and the number of quantities is very large. A higher priority has been assigned to comparisons in frequency bands that have not yet been covered. For both fields, lists of future comparisons have been established, ranging until 2022. The first new comparisons have started or are being planned:

- CCEM-K2, high value resistance (10 MOhm, 1 GOhm)
- CCEM-K5, ac power at 50/60 Hz
- CCEM-K13, ac power harmonics
- CCEM-K4, capacitance
- CCEM.RF-KXX, attenuation at 8 GHz, 26.5 GHz and 40 GHz

At each meeting, the CCEM delegates share information about the availability of crucial metrological equipment. This includes quantum standards, such as Josephson junction arrays and quantum Hall effect samples and conventional standards such as multi-junction thermal converters.

In keeping with the CCEM policy to maintain a strong science focus in its meetings, invited speakers are asked to make presentations on new developments in electrical metrology. At the last CCEM meeting Dr Antti Manninen from the Centre for Metrology and Accreditation in Finland gave a presentation on ‘Progress in the Development and Application of Single Electron Transport Devices’.

Challenges and difficulties

While there appears to be general agreement that the low frequency comparisons should be repeated on an approximate 10-year cycle, there are presently distinct barriers to the WGLF members actively starting the process of repeating key comparisons. The barriers include (1) a perceived lack of resources by the participating NMIs to fulfil the requirements, in particular for pilot laboratories, (2) that the technical benefits of the key comparisons are not universally accepted and (3) a concern that bringing a comparison to completion will be extremely difficult. However, international confidence in measurement standards and traceability in national metrology institutes is fundamental to the CIPM MRA and an ongoing programme of comparisons is considered essential. Overcoming the barriers foreseen within the WGLF will require significant planning to ensure efficient performance of the comparisons.

In the field of radiofrequency measurements, the number of potential key comparison quantities is very large, and a prioritization exercise was required to select a manageable number of comparisons.

As previously discussed, the number of CMCs in electricity and magnetism is very large and the KCDB is becoming difficult to maintain. The number of CMC lines has recently been drastically reduced by regrouping a large number of CMC lines into matrices.

Outlook in the short and long term

The importance of key comparisons will not diminish in the coming decade. They ensure ongoing consistent realization of the SI, they demonstrate continued competence in the NMIs, and they support improved measurement uncertainties as the demand for better measurements increases over time. Thus, it appears that activity and comparisons in the fields of the seven key quantities identified by the WGLF and the seven key quantities identified by the GT-RF will continue to be the most important area of concern.

The importance of the development of quantum standards cannot be overstated in the area of electrical measurements in the low frequency regime. The deployment of such standards offers the possibility of eliminating certain key comparisons. Based upon a recommendation from the CCEM, the BIPM commenced a series of bilateral on-site comparisons of quantum Hall resistance standards in 2013. The capability for direct comparisons of Josephson voltage standards, offered by the BIPM at the international level and by some NMIs within their regions, eliminates the need for a CCEM comparison of secondary voltage standards. The development of higher temperature quantum Hall resistance standards based on graphene technology opens the possibility of less complex QHR systems and a more widespread use of the QHR in the future. On the request of the CCEM, the BIPM is resuming the ongoing on-site key comparison of quantized Hall resistance standards to support this development. Advances continue to be made in the development of new applications of Josephson voltage standards, particularly in the areas of ac power and ac voltage. These may require new comparisons in the future.

A rapidly growing area that may require metrological support from the CCEM is transmission and distribution of electrical energy. Smart grids and new ultra-high voltage transmission, both dc and ac, are some of the factors contributing to the growth of metrology research.

Precision measurements of rapidly varying quantities are of growing interest to industry where real-time measurements are required for process control and for in-line testing. In the future it is therefore

conceivable that comparisons for voltage or current waveforms may become an important issue for consideration by the CCEM.

While the proposed redefinition of the SI does not directly suggest any significant technological challenges in the area of electromagnetic measurements, the anticipated need for the development of ‘routine operation’ watt balances will require the development of more economical and reliable electrical standards with the lowest possible uncertainties. The need for precision electromagnetic measurements to realize mass will necessarily demand a continuing role for the CCEM. Additionally, the potential development of a true quantum current standard opens up exciting new possibilities for realization of the SI, and the CCEM will play a significant role in this area as well.

Another area in which increased activity may be needed is in the electromagnetic properties of materials. The GT-RF is currently conducting a pilot study in this area, and it is possible that subsequent activity may be needed. Other emerging areas include RF/MW measurements on nano-materials, nonlinear and multifunctional devices, on-wafer measurements, and brightness-temperature (RF/MW spectral radiance) measurements. The area of terahertz measurements will also see increased activity.

Acknowledgement

As President of CCEM I acknowledge and thank the BIPM staff for the support and assistance provided to CCEM throughout the period. In particular, I acknowledge the untiring efforts of the Executive Secretary, Dr Michael Stock, the staff of the Electricity Department and the KCDB Coordinator, Dr Claudine Thomas.

CCEM Data

CCEM set up in 1927 (as CCE)

President: B. Inglis

Executive Secretary: M. Stock

Membership:

24 members and 2 observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

14-15 March 2013

Five Working Groups:

- RMO Coordination (WGRMO)
- Low-Frequency Quantities (WGLF)
- Radiofrequency Quantities (GT-RF)
- Proposed Modification to the SI (WGSI)
- Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram (WGKG)

CCEM Comparison activity	Completed	In progress	Planned [period]
CCEM key comparisons (and supplementary comparisons)	47 (incl. 18 approved for provisional equivalence, before 1999)	6	25 (until 2022)
BIPM comparisons		9 (ongoing)	9(ongoing) + 1
CCEM pilot studies	1	1	2
CMCs	5565 CMCs in 194 service categories registered in the KCDB		

The President of the CGPM thanked Dr Inglis for his report and invited questions. There were none.

The President noted that he would be absent from the second session as he was scheduled to attend another meeting in his capacity as President of the *Académie des Sciences*. He closed the first session.

Second session – 18 November 2014 (afternoon)

Dr Inglis, President of the CIPM, chaired the second session in the absence of Prof. Taquet, the President of the CGPM.

14. ‘The measurement of time’ Prof. Salomon, CNRS/LKB

Prof. Christophe Salomon, Research Director at the CNRS Laboratoire Kastler Brossel (CNRS/LKB), Paris, gave an invited talk on the measurement of time. He began by commenting that it is a great honour to make this presentation in Versailles and that the measurement of time has made spectacular progress over the last decade. It is at the crossroads of three disciplines: quantum mechanics, general relativity and atomic physics. Prof. Salomon highlighted the importance of time by quoting Arthur Schawlow, the 1981 Nobel Prize laureate, who advised his students at Stanford to “Never measure anything but frequency.”

Prof. Salomon gave a brief history of time measurement, from Galileo’s pendulum to the atomic clock, including the accuracy and limitations of each. He explained the basic principles behind atomic clocks. There has been a recent exponential gain in the precision of time measurement that has reached a factor of ten gain every 10 years. The latest optical clocks have an accuracy of 0.5 ps/day, this equates to less than 1 second error over 5 billion years. These very accurate clocks are at the upper-end of societal applications such as the Global Positioning System (GPS).

He summarized the status of the definition of the SI second. It is currently realized by caesium atomic fountains, the operational principle of which was described. The interference signal from caesium atomic fountains has an oscillatory pattern with a narrow resonance of 0.94 Hz. The principle was worked out by Norman Ramsey, who won a Nobel Prize in 1989 for the work. Caesium atomic

fountains have a frequency stability of less than 10^{-16} after 5 to 10 days of averaging time, and an accuracy of a few parts in 10^{16} . There are a number of caesium atomic fountains around the world that report data to the BIPM for realizing International Atomic Time (TAI), which is disseminated monthly through BIPM *Circular T*.

Prof. Salomon commented that Optical Lattice Clocks are a recent development with a higher ‘pendulum’ frequency. Atomic fountains have a pendulum frequency of 10^{10} cycles per second, whereas optical clocks have a pendulum frequency of 10^{14} to 10^{15} cycles per second. This has resulted in a significant improvement in clock performance of up to two orders of magnitude.

He stated that the European Space Agency (ESA) and the Centre national d’études spatiales (CNES) are developing the Atomic Clock Ensemble in Space (ACES) project that will see the installation of a cold-atom clock, derived from caesium atomic fountains, on the International Space Station. It will also include a hydrogen maser and a high-quality, two-way time and frequency link. The two-way system will allow compensation for perturbations due to the atmosphere. The project is scheduled for launch in July 2016. The ACES project has three major objectives: to show that cold-atom caesium clocks can operate in space with a stability and accuracy of 1 part in 10^{-16} ; to test fundamental physics, particularly the Einstein effect; and to allow world-wide access to the satellite time transfer system. There will be a network of microwave link terminals in ground-based institutes spread over four continents. The flight model of the cold-atom space clock has completed its tests in Toulouse and was delivered to the ESA in July 2014.

Prof. Salomon recalled that there have been recent advances in time and frequency comparisons over continental distances using both satellite and optical fibre links. An optical fibre link of 920 km between the Max Planck Institute and the PTB in Germany has been tested. A clock signal was transmitted over this distance with an accuracy of 10^{-19} without degradation. A complete network of fibre links is planned in Europe that will allow comparison of timing information between the best clocks in European laboratories.

He concluded his presentation by stating that optical clocks have timing fluctuations of less than a picosecond per day. This raises the question of whether the second should be redefined and if so how, because these clocks have an accuracy that is two orders of magnitude better than the present definition of the second. The current definition is very good, but the potential exists for further improvements; precise timing can be delivered to any interested user via satellite and optical fibre links with an accuracy of a few picoseconds; and the Einstein effect can be tested to a few parts in 10^6 . Extremely precise timing is perturbed by the Earth’s gravitational potential. The solution is to use reference clocks in space where potential fluctuations are considerably reduced. This has the added benefit of improving navigation systems, Earth monitoring and geodesy.

Dr Inglis thanked Prof. Salomon on behalf of the President of the CGPM and invited questions.

The accuracy of transferring standard frequencies via optical fibres compared to precise timing was questioned. Dr Salomon commented that time transfer via fibres is in its early stages. Frequency transfer is possible with an accuracy below 10^{-19} over an integration time of 20 000 seconds. For time it is necessary to maintain the phase for a very long time without perturbation. This is sufficient for current clocks. For timing and time dissemination, work is ongoing. A time stability of a few picoseconds should be possible when using a fibre system. Short laser pulses provide another new approach that has a timing error of only 5 to 30 picoseconds.

Dr Fisk (Australia) commented that when it becomes possible to make absolute measurements at the 10^{-19} to 10^{-20} level it becomes theoretically possible to see drifts in the fundamental constants over finite times. He asked if any consideration has been given to this. Prof. Salomon replied that by

making clock comparisons it is possible to test the fine structure constant by repeating measurements between clocks of different nature with different sensitivity. The rate of change can be computed using atomic physics. If there was a change in α , then taking two optical clocks with very different masses would show a relative drift between the two clocks. The accuracy can be improved by using three clocks. If α were to drift it is possible to compute the relative rate between the clocks. This would give an unambiguous signature of the potential drift of the fundamental constants.

Dr Milton noted that it was intriguing to be reminded that time depends on location in the gravitational potential at the level of 10^{-16} per metre. He recalled that Prof. Salomon mentioned in his talk that using accurate clocks in space eliminates this problem and queried how the uncertainty is cancelled out because the location of the satellites fluctuates. Prof. Salomon replied that there is a large frequency offset but this value can be computed using an Earth model. Fluctuations due to sea level and atmospheric pressure, that change the potential, disappear quickly because they are very local. At an orbit of 20 000 km the fluctuations of the potential are very low if the orbit is well defined. There is a large offset that has to be related to the gravity model but this can be calculated with an adequate uncertainty.

15. Report by the President of the CCL

Dr Sacconi, President of the Consultative Committee for Length (*Comité consultatif des longueurs*, CCL) presented his report on the activities of the CCL since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

Dimensional metrology, traceable to the SI metre, underpins all world-wide manufacturing, assembly and construction from nanometre scales (nano-science), through macro-scales (automotive industry, healthcare, precision engineering), to decametre (and larger) scales (aerospace industry, shipbuilding, surveying). Organizations that undertake significant international trade are especially sensitive to traceability, particularly when multinational sourcing of components and assemblies is prevalent.

Through the joint CCL-CCTF Frequency Standards Working Group (WGFS), the CCL coordinates work on new realizations of the metre as optical frequency standards, and through its Dimensional Nanometrology Working Group it is seeking to harmonize traceability routes, terminology and reference standards for the users of nano-science. The CCL has also implemented a set of technical Discussion Groups, with membership beyond that of the CCL, where experts discuss new standards, recent scientific advances and highlights of ongoing research activities within and across the regions, in order to maximize benefits and support cooperative research.

Classical dimensional measurement services are now in place in the majority of national metrology institutes (NMIs) and are backed by Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) with validated key and supplementary comparison evidence. To minimize the cost of setting up the CIPM MRA processes within the CCL and to pre-empt ongoing support issues, the majority of the work of the CCL in recent years has concerned efficient implementation of the CIPM MRA. In particular the CCL has implemented, via its Working Group on the CIPM MRA (WG-MRA) several strategies to minimize the workload of CCL member laboratories associated with the CIPM MRA, whilst providing sufficient evidence to support CMCs. These strategies include a new style of

inter-regional comparison, extensive guidance documents and reporting templates for comparison pilots, two reviews of the key comparison portfolio, two workshops on comparisons (analysis and linking), and regular meetings of the CC Working Groups.

However, the future direction for the CCL concerns new areas and represents a potential paradigm shift. New areas include: 3D dimensional nanometrology, support for industry's move to non-contact surface scanning (healthcare and energy sectors), extending 3D metrology traceability to larger ranges (aerospace, precision civil engineering), compensating for thermal and refractive index effects at different scales, and issues of traceability at nanometre and sub-nanometre scales (advanced science). A move towards metrology embedded in the manufacturing process represents a paradigm shift away from the traditional role of the calibration laboratory. These, and other new needs, will extend the workload of the CCL and its members over the coming years.

Scope of the CCL

Present activities of the CCL concern practical length and angle measurement (from one dimension to three dimensions, from sub-nanometre to tens or hundreds of metres), future optical frequency standards (for metre realizations) and advice to the CIPM in the field of length metrology. This scope may be considered to include related issues such as nano-scale surface science, thermal properties of artefacts and instruments, refractive index compensation for optical beam propagation, laser physics, optics, instrumentation, interferometry, mechanical design, and mathematical software/data processing and advanced modelling. As such, there is some overlap between the work of CCL and eleven of the fifteen *Technical Work Areas* of VAMAS (Versailles Project on Advanced Materials and Standards) and closer interactions with VAMAS are foreseen.

Strategy

The CCL Strategy document (<http://www.bipm.org/utls/en/pdf/CCL-strategy-document.pdf>) notes the recent restructuring of the CCL and distils two overall requirements for the future strategy:

- to anticipate future needs for instrumentation, standardization and traceability in emerging areas of science and industry, encompassing a wide variety of length scales under a range of measurement conditions; and
- to maintain maximum efficiency of the CIPM MRA processes thereby reducing costs to metrology institutes in all the regions, whilst supporting mutual recognition.

Future science objectives

Although classical dimensional metrology is a mature and well established field, and the forthcoming SI revision has minimal impact on the CCL, demands from external customers as well as the Grand Challenges (*e.g.* quality of life, energy needs, health, and environment) are setting the research agenda for CCL members.

1. Continue to improve and develop access to realizations of the metre.

New traceability routes to the metre are to be investigated at the nanometre and sub-nanometre scales (where wavelengths of optical frequency standards are 'too big') in addition to ongoing research on realizations of the metre *via* updates to the *Mise en Pratique*/Joint Frequency list.

These will provide improved accuracy (*e.g.* for GNSS users) and traceability to dimensional nanometrology enabling reduced dependence on ‘vertical’ processes in the nano-industry.

2. Provide CCL support for new topic areas.

In nanometrology, the CCL has set up a Working Group on Dimensional Nanometrology (WG-N) which has met three times to date (the previous Nanometrology Discussion Group was established in the late 1990s). A series of pilot studies has been successfully concluded and renamed as CCL supplementary comparisons. Further pilot studies are planned (semiconductor standards) as well as ongoing advice and input to ISO standardization. The WG-N has drafted a paper on traceability routes for size metrology of nano-scaled features for the semiconductor industry making use of the Si single crystal lattice. Other anticipated end-user benefits include improvements to biological compatibility of nano-scale devices (medicine).

Discussion Group 6 on coordinate metrology is beginning to tackle the issues of CMCs based on popular flexible machines such as Coordinate Measuring Machines and the preference of industry for non-contact optical-based measurement *in situ* (lack of traceability, decreased accuracy relative to contacting techniques, but faster and hence preferred by users). This topic has beneficiaries in energy production (connectors used in oil and gas pipes, gears used in wind turbines, plasma containment panels in fusion reactors) as well as health (validation of X-ray Computed Tomography, advanced prosthetics).

Long-range metrology/geodesy is an established research area for many NMIs but a relatively new topic for some. Few CMCs have been submitted so far and only one supplementary comparison has been carried out (EURAMET.L-S20). However, this metrology area is gaining in importance (*e.g.* aerospace, geodetics and surveying, GPS location verification, civil engineering, large science projects such as the LHC successor, large optical telescopes). Initial beneficiaries are companies that manufacture large products (*e.g.* aircraft, civil nuclear) where metrologically-enhanced automation and *in situ* metrology will reduce manufacturing cycle times and reduce costs on long lead-time, expensive components. Better compatibility and part/assembly accuracy will lead to a reduction in fuel burn in automotive and aviation applications (more efficient energy use, lower emissions); better GNSS accuracy will allow better navigation (denser traffic, autonomous vehicles) and improved accuracy for large particle accelerator projects will enable new science.

Future CIPM MRA objectives

Since the outset, the CCL has foreseen the time and resource impact the CIPM MRA would have on its members and has strived to minimize the disruption and costs of the initial implementation and ongoing support for the CIPM MRA. This ongoing work targets three issues:

1. Minimizing workload for comparison pilots.

The WG-MRA has prepared an extensive set of guidance documents, comparison protocols and report templates which can be used by pilots of key and supplementary comparisons. These freely-accessible documents are in addition to the publicly accessible copies of almost all CCL and RMO comparison protocol documents. The successes have been: to spread the workload, reduce staff time per comparison, speed up the comparison process and obtain clear validation of CMCs from comparison results. An additional benefit has been more time available in CCL meetings for non-MRA related discussions.

2. Minimizing the portfolio of Key Comparisons.

The CCL maximized the breadth of support of CMCs by comparison evidence by undertaking a comparison review based on a skills matrix (see [CCL Strategy document](#), §3.1, p8) and giving clear guidance to accreditation bodies on the minimum necessary set of comparisons, thus reducing the number of comparisons and increasing confidence in their support for CMCs. The [key comparison portfolio of the CCL](#) is one of the smallest amongst the Consultative Committees (nine topics), yet supports a moderately large set of CMCs (~1500).

3. Reducing the burden on CCL member laboratories.

The CCL instigated and coordinated the use of [inter-regional key comparisons](#), organized and run as Regional Metrology Organization (RMO) comparisons rather than CCL comparisons, and coordinated inter-RMO participation in them. Freedom to choose this style, as well as regular interlinked CCL and RMO comparisons, reduced the number of times the CCL member laboratories were required to act as linking laboratories. Secondary benefits included closer harmony across the regions – smaller (non CCL) laboratories had closer contact with those in other regions and a wider pool of potential pilots for the comparisons.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

Main activities

Coordination activities of the CCL and its Working Groups

Since the previous General Conference, the CCL has met once (3-year cycle) but its working groups have each met three or four times. Outside the normal meeting schedule, the Discussion Groups have continued to be active and reported to the CCL meetings – topics included not only comparison planning but recent technical advances, contributions to standards and ideas for potential collaborative research.

The WG-MRA has coordinated and reviewed results from a number of comparisons and pilot studies. WG-MRA has prepared an extensive set of guidance documents and reporting templates for use by future comparison pilots in order to reduce the workload and cost, thereby attracting new offers to pilot comparisons. Within EURAMET several non-CCL members have started to use these templates and documents and at least one new key comparison pilot has come forward. The WG-MRA anticipated the recommendation of the CIPM *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM – regional Technical Committee Chairs have been *ex officio* members since the WG-MRA was formed.

The sub-working group on CMCs (SWG-CMC) has carried out a refresh of the ‘*DimVIM*’ (CMC categorization list) and taken over responsibility for its maintenance. The list is used outside the NMI community by regulators and other service portals as it presents harmonized terminology for dimensional metrology in 13 languages (English, Chinese, Czech, Finnish, French, German, Greek, Italian, Japanese, Korean, Portuguese, Spanish and Turkish). Discussions have started on possible new CMC categories in the area of Coordinate Measuring Machine metrology of master artefacts and specific tasks. This is a new development because, until now, all CMC entries have been for calibration of items (*i.e.* to a defined standard) – new CMCs are foreseen that are the second letter of ‘CMC’, namely measurement capabilities – custom items without a specification standard *e.g.* bespoke parts. This could see a significant increase in CMC scopes for member laboratories opening the way for further recognition of services for customers.

Conferences

In the period since the last General Conference, the CCL has been associated with two *MacroScale* (www.macroscale.org) conferences:

- *MacroScale 2011* hosted by METAS in Bern, Switzerland, in October 2011. Inter-RMO participation, with 25 presentations, 18 of which were subsequently published in a special issue of *Measurement Science and Technology* (<http://iopscience.iop.org/0957-0233/23/9>).
- *MacroScale 2014* hosted by BEV in Vienna, Austria, in October 2014. As of early September 2014 there were 31 presentations and 34 posters in the conference programme. Papers are expected to be published in *Measurement Science and Technology*.

Also, the *NanoScale* conferences (www.nanoscale.de) are organized through a cooperation amongst CCL member laboratories (PTB, LNE, METAS), especially those active in the WG-N.

Updates to the frequency list by CCL-CCTF Frequency Standards Working Group (WGFS)

Since the last CGPM meeting there has been continuing work on updating the list of optical frequency standards suitable for use as metre realizations. Updates, approved by the CIPM, include the following unperturbed transitions:

- $3s^2\ ^1S_0 - 3s3p\ ^3P_0$ of the $^{27}\text{Al}^+$ ion;
- $5d^{10}6s\ ^2S_{1/2} - 5d^96s^2\ ^2D_{5/2}$ of the $^{199}\text{Hg}^+$ ion;
- $6s^2\ ^1S_0 - 6s6p\ ^3P_0$ of the ^{199}Hg neutral atom;
- $6s^2\ ^2S_{1/2} - 4f^{13}6s^2\ ^2F_{7/2}$ of the $^{171}\text{Yb}^+$ ion;
- $6s^2\ ^2S_{1/2} (F = 0, m_F = 0) - 5d^2\ ^2D_{3/2} (F = 2, m_F = 0)$ of the $^{171}\text{Yb}^+$ ion;
- $5s^2\ ^2S_{1/2} - 4d^2\ ^2D_{5/2}$ of the $^{88}\text{Sr}^+$ ion;
- $4s^2\ ^2S_{1/2} - 3d^2\ ^2D_{5/2}$ of the $^{40}\text{Ca}^+$ ion;
- $1S - 2S$ of the ^1H neutral atom;
- $5s^2\ ^1S_0 - 5s5p\ ^3P_0$ of the ^{87}Sr neutral atom;
- $6s^2\ ^1S_0 - 6s6p\ ^3P_0$ of the ^{171}Yb neutral atom; and
- ground-state hyperfine transition of ^{87}Rb .

[for details of the updates see document <http://www.bipm.org/utis/en/pdf/CIPM/CIPM2012-EN.pdf> - Appendix– 8 - Recommendation CCTF 1 (2012)].

Standardization activities

Staff of CCL member laboratories and members of CCL Working Groups participate in national and international standardization committees. The majority of participation is via the ISO GPS (Geometrical Product Specification) matrix of standards. (GPS standards provide an international language of symbols for expressing tolerances in technical drawing. This makes it possible for a drawing of a component that has been developed in one country to be sent to another country, where the drawing can be understood and the component manufactured, without the designer and supplier having any common language except GPS).

Key international committees with CCL representation include:

- ISO TC 213 Dimensional and geometrical product specifications and verification
- ISO TC 60 Gears
- ISO TC 1 Screw threads
- ISO TC 201 (SC9) AFM probe calibration
- ISO TC 202 Microbeam analysis
- ISO TC 229 Nanotechnology
- IEC TC 113 Nanotechnology
- API SC7 Gauging resources for gauges used in the oil and gas industries.

Challenges and difficulties

An ongoing challenge is to extend the SI to smaller scales and larger scales whilst continuing to support existing capabilities. The CCL has already prioritized the nano scale regime by setting up the WG-N.

The new style of inter-RMO comparisons has been thoroughly explained to the CIPM. These comparisons are similar to a 'virtual CCL comparison', but with a reduced planning and participation workload (especially for CCL members). Now that this is clear, the second cycle of key comparisons is being planned as a mixture of 'classical' and 'inter-RMO' styles. Linking of comparison results from one comparison to another, especially when the artefact sizes and properties are different across the comparisons, is proving difficult and it is not clear if end users of the CIPM MRA actually need this to be performed when making judgements regarding CMCs. Also, some dimensional comparisons generate large sets of data and representing the results in the BIPM key comparison database (KCDB), especially in graphical format, is difficult. A recent linescale comparison (on a reduced set of measurands) generated 960 results for a single artefact. Calculation of over 921 000 pairwise degrees of equivalence is simply not practical or useful. Better metrics are needed to summarize large comparison datasets and to allow meaningful comparison with CMC claims and display in the KCDB.

Industrial use of Coordinate Measuring Machines (CMMs) is increasing, despite unclear traceability routes and issues regarding CMCs for these services - this is a topic under active debate in the Discussion Group on coordinate metrology. CMMs are used extensively throughout industry and can measure a large selection of items, many of which are also used in key comparisons. Ways need to be found to express CMCs based on the use of these machines that does not conflict with existing CMCs in the KCDB, enabling wider applicability of the CIPM MRA. Similarly, there is a need for traceability in software used in dimensional metrology and some CCL members are seeking CMC categories in this field to satisfy customer requirements. However, undertaking this within the scope of the CIPM MRA is a challenge, possibly requiring inter-disciplinary discussion with other Consultative Committees.

Outlook in the short and long term

Short term

Work in the Discussion Groups will continue towards the next cycle of key comparisons. Further development of standards in nanometrology and instigation of further pilot studies, potentially in

cross-discipline topics (*e.g.* nanoparticles, which is not just a dimensional topic) will be on the agenda of future WG-N meetings. Initiation of activities at some CCL member laboratories into X-ray Computed Tomography (XCT) as a dimensional metrology tool will trigger new studies eventually leading to new CMCs and the necessary support for them. (Issues include: accuracy, verification, machine calibration/error mapping, comparability, material artefacts, and safety). Coordinated assistance for national metrology institutes (NMIs) in explaining the new SI definitions to end users may be required. Development of some services in long-range metrology will occur and some member laboratories and the CCL will need to address the needs for verification of these services. There will also be a challenge of maintaining momentum on the CIPM MRA as the CCL moves into the second cycle of key comparisons, whilst new techniques and research will demand reallocation of resources. For several member laboratories, the issue of reinstating CMCs in areas where there is no longer a CCL key comparison (where a comparison topic has been abrogated) will need to be addressed.

Longer term

In the longer term, it is likely that there will be a replacement of some classical services and change of Discussion Groups' emphasis; this will be coupled to the challenge of setting up a new range of topics for key comparisons and new rounds of CMC submission in future topics (*e.g.* XCT services). There will be a requirement for more support for *in situ* services for customers (calibrations outside laboratory environments) and the ensuing traceability issues.

CCL Data

CCL set up in 1997	(CCDM from 1952-1997)
President: A. Sacconi	Executive secretary: L. Robertsson
Membership:	24 members and 1 observer
Meetings since the 24th CGPM meeting:	19-20 September 2012
Three Working Groups:	- Strategic Planning (WG-S) - Dimensional Nanometrology (WG-N) - Working Group on the CIPM MRA (<u>WG-MRA</u>)
Two sub-Working Groups:	- Key Comparisons (<u>sWG-KC</u>) - CMCs and the CMC categories list (<u>sWG-CMC</u>)
One task group on KC linking (<u>TG-L</u>)	
Nine <u>Discussion Groups</u> (1 on each Key Comparison topic)	
One Joint Working Group:	- CCL-CCTF Frequency Standards Working Group (JWGFS)

CCL Comparison activity	Completed	In progress	Planned [period]
CCL key comparisons (and supplementary comparisons)	7 key 4 supplementary	2 key	5 [2015-2019]
BIPM comparisons	2	0	0
CC pilot studies	0	1	1 [2017]
CMCs	1502 CMCs in 113 service categories registered in the KCDB		

Dr Inglis thanked Dr Sacconi on behalf of the President of the CGPM and invited questions. There were none.

16. Report by the President of the CCTF

Mr Érard, President of the Consultative Committee for Time and Frequency (*Comité consultatif du temps et des fréquences*, CCTF) presented his report on the activities of the CCTF since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

The CCTF covers the metrological activities of time and frequency relating to the definition and realization of the second, the evolution of atomic clocks, timescales and applications in different fields of science and human activities. A task of the CCTF is to ensure that the international reference Coordinated Universal Time (UTC) is widely disseminated through its traceable realizations; the CCTF organizes the ongoing key comparison CCTF-K001.UTC for this purpose and it relies on the BIPM for coordination with participating laboratories and for piloting the comparisons. Time and frequency have a significant impact on most human activities; the CCTF maintains a watching brief to ensure that the needs of society, research, industry, etc. are satisfied by linking with relevant bodies and user communities. The next decade will present a challenge to the activities of the CCTF; rapid developments in the fields of frequency standards will impose a framework for a future redefinition of the second, providing that the technical issues can be solved.

Scope of the CC

The CCTF's activities cover matters related to the SI second and its access via stable and accurate time scales. The Committee aims at establishing traceability to the international reference UTC to its local realizations and for this it promotes research on time transfer and on algorithms, and follows closely the development of new frequency standards for which intrinsic accuracy can be two orders of magnitude better than the best caesium fountains operated today. The CCTF liaises with international organizations that have different interests in time and frequency metrology, covering a wide range of applications such as the operation of global satellite navigation, time stamping, geodesy, astronomy, etc.

Strategy

The CCTF strategy document was prepared in the relevant Working Group which is made up from the Working Group Chairpersons, under the leadership of the President of the CCTF. The document is available at <http://www.bipm.org/en/committees/cc/cctf/>.

Working Groups of the CCTF are well balanced and cover all the specific activities necessary for the definition, realization and dissemination of the unit of time and the associated time scales.

The Committee identified a variety of stakeholders including NMIs and other institutes which realize the unit locally and maintain a time scale, international bodies representing communities of users, service providers, science services and regulators. Effective communication with the stakeholders is a strong point of the CCTF strategy, since they provide feedback to the Committee and impact the work of the BIPM.

The strategy document highlights core activities in the mid and long term:

- Studies on time scales for different applications; supporting new applications for highly accurate time and, to take advantage of developments in dissemination methods to continue to develop more rapid predictions of UTC;
- Incorporate new time transfer and time dissemination methods in terms of increased accuracy, reduced cost, easier accessibility and the ability to coexist with other users of the infrastructure;
- Very accurate primary standards will start challenging the best available time and frequency transfer techniques, it will be important to develop a range of portable and highly accurate primary standards that will confirm the performance of new, innovative long-distance clock comparison modes;
- Developing algorithms for time and frequency measurements with the consequent effort in disseminating their precise use and understanding;
- Promoting evaluations of the comparative stability, uncertainty and reproducibility of optical clocks based on the same ion and atom species, in preparation for a future redefinition of the second;
- Encouraging the BIPM to develop multi-technique time transfer and to implement rapid-UTC solutions;
- Monitoring the evolution of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and their internal system times.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

Since the last meeting of the CGPM, the CCTF has held one meeting in September 2012; the next meeting will take place in September 2015. All the CCTF WGs have held regular meetings.

Main activities

Improvement of the TAI algorithm:

- The model for the clock frequency prediction was corrected, and the previously used linear function was replaced by a quadratic function. A consequence of this change was to stop the drift between the free atomic scale (EAL) and that based on the primary frequency standards.
- The procedure of clock weighting was modified, based on the principle that a good clock is a predictable one. This change provoked a redistribution of the weights of clocks, and will make TAI more stable in the long term.

Operation of new fountains:

- Four new caesium fountains were completed and have been evaluated by NMIs since 2011; reports of frequency measurements are regularly submitted for use in the frequency calibration of TAI. In the last three years, eleven fountains have regularly contributed to improve the accuracy of TAI. A rubidium fountain, included in the recommended frequencies as secondary realization of the second, has been used since 2012 to calibrate the frequency of TAI.

Development of optical fibre links for time and frequency transfer:

- Optical links (temporary and permanent) started operating between time laboratories to test their capabilities for very accurate clock comparisons. In particular, rapid developments occurred in European laboratories with the support of EURAMET.
- The BIPM performed studies on optical fibre links between contributing laboratories to determine if this technique could be used in the construction of TAI. Validation of GNSS time links' calibration using optical fibres has been possible.

Optical clocks and recommended frequencies:

- A significant number of optical atomic transitions are currently being studied. Research is in progress and covers several ion species. It seems safe to conclude that 10^{-18} accuracy will be achievable with such standards.
- The CCL-CCTF Frequency Standards Working Group produced an updated list of recommended frequencies as secondary representations of the second; see <http://www.bipm.org/en/publications/mises-en-pratique/standard-frequencies.html>.

GNSS equipment calibration for TAI:

- Cooperation between the BIPM and the RMOs was formalized to maintain regular calibration of GNSS equipment used for TAI clock comparisons and for reducing the time transfer uncertainty to 2 to 3 ns. Guidelines for GNSS equipment calibration have been prepared by the BIPM Time Department and distributed to the RMOs. Calibration campaigns under this new organization have started and are ongoing.

Rapid access to UTC:

- A rapid UTC solution allowing laboratories to validate the steering of the local time scales was developed, tested and validated at the BIPM. Currently, 50 % of the UTC contributing laboratories participate in 'Rapid UTC'; weekly solutions have been published regularly since June 2013.

The possible redefinition of UTC:

- The CCTF and the BIPM contributed actively to the discussion on the possible modification of the definition of UTC. A workshop on the future of the international time scale was jointly organized by the International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector (ITU-R) and the BIPM in September 2013 in Geneva, Switzerland.

Challenges and difficulties

- Ongoing development of time scales is essential to realize the benefits of improvements in the stability of primary frequency standards, other atomic clocks, time transfer and time dissemination methods. The short- and medium-term stability of the best primary standards has surpassed the performance of the current long distance and international time links used to compare them. As these links improve, algorithms will need to be continually developed.
- The BIPM will study the implementation of methods and procedures for performing multi-GNSS links and consider also how to make use of these redundant data.
- Technological issues still remain with regard to time and frequency transfer through optical fibres. A real challenge is the establishment of long-term, dependable contractual relations with fibre network operators.
- Several avenues of progress have been identified with regard to the space-based time and frequency transfer in the framework of ACES (Atomic Clock Ensemble in Space). The exploitation of the measurements will be challenging, considering that some technical issues for accessing the data need to be fixed.
- The development of optical frequency standards will continue, and the recommendations of radiations as secondary representations of the second will assist in deciding which species should be studied by the laboratories. This, together with progress in techniques for highly accurate time and frequency transfer, will allow comparisons of standards of the same type. Improved technology for flywheel frequency standards is also needed to handle the issues of dead time. Optical techniques, similar to those for possible new frequency standards, would have to be used for the flywheel function also, but these standards would need to be engineered as commercial products with very high reliability and low cost.
- Even though the present caesium definition of the second will serve industry's needs for the coming years and the secondary representations will serve science's needs, significant effort is required for specific issues underpinning a new definition of the second in due course. The full potential of optical clocks can only be utilized if the means to compare remote clocks and disseminate optical frequencies in a simple and reliable way without degradation of the stability are developed in parallel.
- For institutional time keeping, but also for the modern demanding applications such as GNSS, it is very important that the statistical and mathematical algorithms and methods are correctly understood, used and interpreted to estimate, appreciate, and derive maximum benefit from the characteristics at the forefront of atomic frequency standards.

Outlook in the short and long term

Time scale realizations, national and international levels

The definition of the SI second and its realization may be changed within the next ten years. This change will have an impact on work at both the BIPM and NMIs and will improve the accuracy of UTC/TAI.

A variety of time scales co-exist for different applications, and more will appear in the future, particularly for global navigation satellite systems.

To help reduce any resulting confusion and the consequent possibility of error, and to underpin the status of UTC as the primary international reference, it will be important to maintain clear and accessible statements, as far as possible, about the relationships between UTC and the diversity of time scales in use around the world for various purposes. Another way to reduce confusion will be to make UTC more accessible in real time through the continued development of rapid products and low-cost time dissemination methods that are continuously available. These measures will encourage the use of UTC for new applications, instead of the establishment of a multitude of new, special-purpose time scales.

The international reference UTC will continue to be unique in the future. However, changes in UTC are to be expected, in addition to regular improvement in the algorithm and time links.

It is likely that a new definition of UTC without leap seconds will be adopted at the International Telecommunication Union (ITU) in 2015, with the expected date of enforcement no earlier than 2020. If the new definition of UTC is accepted, changes will be necessary for different systems of time keeping and dissemination.

Studies to make use of a dynamic timescale based on astronomical millisecond-pulsar observations have started in cooperation with the International Astronomical Union (IAU). The study will investigate the feasibility of a combined dynamic-atomic timescale.

Furthermore, to support new applications for highly accurate time and to take advantage of developments in dissemination modes, it will be important to continue to develop more rapid predictions of UTC.

Time and frequency transfer

Over the course of this decade, the use of ‘ground-based’ optical fibres has been widely adopted. The feasibility of frequency transfer using optical fibres has been demonstrated with uncertainties of less than 10^{-17} for a distance of up to 900 km and of time transfer with uncertainties of less than 1 ns over a few hundred kilometres. One goal is the establishment of regular services connecting major timing centres. The long-term vision is for a further improvement in accuracy and density of the links.

Space-based techniques are, by their very nature, of more use on a global scale: GNSS-based time transfer can be carried out virtually anywhere on earth. The current target is to establish time transfer with 0.1 ns uncertainty among sites contributing to TAI. Dedicated space-based techniques such as TWSTFT and the microwave link of the ACES mission require dedicated terminals of increasing sophistication. Nevertheless, there is evidence that the frequency transfer uncertainty of 10^{-17} averaged over a few days could be realized even with the deployed equipment, provided that signals with sufficient bandwidth could be used. In the long term the space-based comparison of optical clocks is aimed at tests of relativity and fundamental physics: only then can the scientific challenges of ‘testing of the theory of relativity, relativistic geodesy and others’ be met on a global scale, not only on a point-to-point basis.

Primary frequency standards

NMIs will continue to develop new caesium fountains and second generation fountains will come online. The CCTF WG PSFS will continue to make recommendations to the BIPM on new standards as reported by NMIs for improving the accuracy of TAI and, in general, provide advice to the BIPM on primary frequency standards (PFS) and secondary frequency standards (SFS). Another major task in the future will be to assist in the decision on the possible redefinition of the second. If and when the second is redefined (probably using an optical transition) a priority task will be to determine the best value of the caesium second and its uncertainty.

With the accuracy of primary standards challenging the best available time transfer techniques, it may be important to develop a range of portable yet highly accurate primary standards. These will confirm the performance of new, innovative long-distance clock comparison methods.

Algorithms for time scales

The development of algorithms for the treatment of time and frequency measurements is expected to increase in the next ten years to fulfil the following aims:

- The availability of different types of atomic clocks with different characteristics and performance, will lead laboratories to the development of algorithms that are able to optimize the contribution of each clock in the ensemble time scale. In addition the availability of different primary frequency standards, often working continuously as clocks, is increasing and the introduction of PFS in the ensemble time scale is being evaluated and realized in the laboratories.
- The increase in demanding applications for national and international timekeeping and GNSS timing systems not only require accurate and stable time references but also reliable services within certain specified performance limits. The need for identification and resolution of possible anomalies in the timing systems is therefore increasing. Algorithms treating clock measures to monitor the level of performance and to identify possible anomalous behaviour are thus becoming increasingly important and are to be developed either by time metrology experts or by experts from other fields using clocks in their complex systems.
- Real-time applications are mostly driven by GNSS but also by important applications in timekeeping; the real-time availability of time signals, their monitoring, and evaluation will be crucial in the future. Algorithms that are able to operate quickly and rapidly identify failures and/or anomalous behaviour will be needed in different fields of application.

Optical frequency standards

A significant number of optical atomic reference transitions are currently being studied within the two generic categories of electromagnetically-trapped single ions and multiple atoms trapped in optical lattices. Research in this area is ongoing and covers several ion species, but is concentrated primarily on two atom species (^{87}Sr and ^{171}Yb). This highlights the need for further extensive evaluations of the comparative stability, uncertainty and reproducibility of each system, amongst other issues, before a redefinition of the second is seriously considered.

At this time, it is not clear whether there is a preferred candidate for a future redefinition and further research needs to be carried out.

New BIPM products adapted to new applications

The BIPM has implemented new strategies, tools and products in order to improve UTC and provide better services to NMIs. Part of the strategy is to put in place permanent actions to anticipate future needs arising from evolutions in technology.

The most significant recent products and applications together with future perspectives include:

- Multi-technique time transfer, including ground- and space-based techniques,
- Time scales, including rapid solutions and a more frequent evaluation of the key comparison CCTF-K001.UTC (BIPM *Circular T*).

CCTF Data

CCTF set up as CCDS in 1956, renamed CCTF in 1997

President: L. Érard

Executive secretary: F. Arias

Membership:

17 members and 14 observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

13-14 September 2012

Nine CCTF Working Groups:

- Time Scale Algorithms (WG-ALGO)
- Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques (WGATFT)
- GNSS Time Transfer (WGGNSS)
- CIPM MRA (WGMRA)
- Primary and Secondary Frequency Standards (PSFS)
- Strategic Planning (WGSP)
- International Atomic Time TAI (WGTAI)
- Two-way Satellite Time and Frequency Transfer (WGTWSTFT)
- CCL-CCTF Frequency Standards (WGFS)

CCTF Comparison activity	Completed	In progress	Planned [period]
CCTF key comparisons	1, monthly	ongoing	ongoing
BIPM comparisons	0	0	0
CC pilot studies	0	0	0
CMCs	679 CMCs in 19 service categories registered in the KCDB		

Dr Inglis thanked Mr Érard on behalf of the President of the CGPM and invited questions.

Dr Milton asked Mr Érard to expand on the progress towards the redefinition of the SI second. He recalled that the redefinition of the kilogram was proposed some years ago but it was only when the CCM set criteria for what was necessary that it really came into focus. The CCM then developed a roadmap and it became clear through consensus what might be achieved and when. He asked if the CCTF is going to set quantitative and qualitative criteria that could indicate what is needed to achieve a new definition of the second. Mr Érard replied that this subject has been discussed and there are three main criteria that have already been taken into account. At the moment, the plan is to redefine the second but not before 2022. There is a meeting of the CCTF in September 2015 where an *ad hoc* group could be set up to discuss a potential roadmap and to formalize criteria for the redefinition of the second.

17. Report of progress with international liaisons

Dr Milton, Director of the BIPM, gave a summary of the highlights in international liaison activities at the BIPM since the 24th CGPM meeting. He began by recalling his earlier presentation (see §9) where he reported that at the end of 2012 the BIPM had been granted observer status on the World Trade Organization (WTO) Committee on Technical Barriers to Trade (TBT). This presence provides the BIPM with opportunities to ensure that the TBT Committee understands how vital world-wide comparable measurements are to achieving their objectives, and to highlight the role and contribution of the NMI community.

He further recalled the strong links between the BIPM and the World Meteorological Organization (WMO) that go back many years. A milestone was reached in 2010 when the WMO signed the CIPM MRA. This brought three of its laboratories into the system of providing traceability and quantifiable capabilities through the CIPM MRA. These links are characterized by the very strong cooperation between the WMO and the CCQM where the global reference laboratories that are recognized by the WMO take part in BIPM comparisons of gas analysis, and have done so for some years.

In the field of radiometry and photometry, the Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos and World Radiation Center (PMOD/WRC) for solar irradiance measurements takes part in the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) and it is hoped that this will be the centre point of a redefinition of the related WMO scale in terms of a SI realization in the near future. The BIPM received a letter from the WMO in early November 2014 that, for the first time, established a formal link between its Commission for Instruments and Methods of Observations (CIMO) and the Consultative Committee for Thermometry (CCT). For some time it has been known that traceable temperature measurements need to be taken into account when developing the global temperature record. Now, the WMO has recognized formally that they want experts nominated by the CCT to take part in some of their committees.

Another coordination activity at the global level is the BIPM's involvement in the Network on Metrology, Accreditation and Standardization for Developing Countries (DCMAS Network). This provides the BIPM with important opportunities to work with other international organizations to deliver integrated training related to trade capacity building activities that are aimed at developing countries.

An important vehicle for the BIPM's coordination activities is through joint committees. The Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) is a joint activity, primarily with the International Federation for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). The main outcome is a database hosted by the BIPM that provides evidence of traceability for reference materials that are required for *in vitro* diagnostic testing.

The Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) is concerned with the development of the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) and the International Vocabulary of Metrology (VIM). These are important documents and reference sources for scientists working in the NMIs. The BIPM is pleased to be able to take these documents forward as joint activities with the international scientific unions and standardization bodies.

The BIPM's largest coordination activity delivered with international partners is the CIPM MRA, which makes available peer-reviewed capabilities of the NMIs and other participating institutes. As

of 18 November 2014 there were NMIs from 53 Member States, 39 Associates and 4 international organizations having signed the CIPM MRA. It covers a further 152 institutes designated by the signatory bodies.

The quadripartite agreement between the BIPM, ISO, ILAC and OIML is a very important opportunity for the four parties to work together to present a single message on the importance of quality infrastructure. It is difficult to find occasions to engage with senior politicians and decision makers to represent metrology and standardization. The four organizations believe that if an opportunity arises to promote what they are doing, the opportunity is maximized if the promotion is made together.

Dr Inglis thanked Dr Milton on behalf of the President of the CGPM and invited questions. There were none.

18. Report from the International Organization of Legal Metrology (OIML) Mr Kool, BIML

Mr Willem Kool, Assistant Director of the International Bureau of Legal Metrology (BIML), gave a talk on behalf of Mr Peter Mason, President of the International Committee of Legal Metrology (CIML), who was unable to attend the session. He began by acknowledging the special relationship between the OIML and the BIPM and gave a brief history of the OIML.

He recalled that in the early 20th century the CGPM discussed a proposal to establish a Consultative Committee on Practical Metrology. It was however decided that it would be better to establish a separate international organization. On 12 October 1955 a convention to establish an International Organization of Legal Metrology was signed by 22 States. In 1956, the first Conference on Legal Metrology was held and the OIML had 25 Member States and four Corresponding Members. In 2014 it has 60 Member States and 68 Corresponding Members and its membership continues to grow.

Mr Kool commented that the Metre Convention provided the model for the organization of the OIML, with a conference, a committee and a bureau of legal metrology. The committee had 20 members elected by the conference. In 1968 the convention was amended changing the composition of the committee to one representative per Member State designated by his or her government. This change in the convention was a crucial factor in the development of the OIML as it later allowed the organization to fulfil the conditions formulated by the World Trade Organization (WTO) to be recognized as an international standards setting organization. OIML recommendations and documents have therefore become international standards that can be referenced in national or regional legislation as normative documents. At the same time the OIML is committed to implement modern procedures in its technical work such as those for conformity assessment, certification and accreditation. For this purpose the OIML maintains close liaison with a number of other international organizations through the conclusion of Memorandums of Understanding (MoUs). The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) has recognized the process of harmonization of technical regulations based on international standards as an important mechanism of international regulatory cooperation. The OIML participates in an OECD initiative to investigate the role of international organizations in international regulatory cooperation and this will be the subject of a case study.

Mr Kool commented that the CIML President, Mr Peter Mason, has announced that one of his priorities is to develop an OIML strategic plan to give the organization better guidance on what activities should be developed. In the coming years the OIML will focus on further developing its ability to serve the international community, not only governments and regulators, but other stakeholders such as manufacturers, traders and ultimately consumers. It will further expand the mutual acceptance arrangement for type evaluation of measuring instruments, adding new elements such as ‘conformity to type’ and new categories of instruments. The OIML will renew its focus on countries and economies with emerging metrology systems. In 2015 it will commemorate the 60th anniversary of the signing of the OIML convention in conjunction with the 50th meeting of the CIML. The 15th Conference of Legal Metrology will take place in 2016.

Mr Kool stated that the relationship between the BIPM and OIML is very special and will continue to be so. To characterize this relationship, a quote from an exchange of letters between the two organizations in April 1970 was shown as reported to the 1972 Conference of Legal Metrology. It described the relationship as consisting of exchange of information, mutual consultations, observing each other’s meetings with common interest and any other suitable means. Today this can be expanded to cover back up support for each other’s information and communications technology systems, the organization of World Metrology Day, a joint web portal and joint thematic leaflets. There is no overlap on technical issues between the BIPM and the OIML. In dealing with metrological issues, each organization fully complements the other. The BIPM and the OIML cooperate, together with other international organizations, in areas such as the JCGM, the DCMAS Network and in an annual quadripartite meeting with ISO and ILAC.

Mr Kool finished his presentation by noting that the OIML remains committed to further develop working relations with the BIPM and other international organizations for the benefit of the global community. He thanked the delegates for their attention and wished them a very successful 25th conference.

Dr Inglis thanked Mr Kool on behalf of the President of the CGPM and invited questions. There were none.

19. ‘Metrology and Standardization, the benefits of closer links’ Mr Steele, ISO

Mr Rob Steele, the Secretary-General of the International Organization for Standardization (ISO) gave a talk entitled ‘Metrology and Standardization, the benefits of closer links’. He commented that there are huge opportunities for closer links within the metrology and standardization communities and the needs of customers must be considered when developing a standards and conformance infrastructure. The disciplines of metrology, trading standards, standards development, accreditation and certification need to be aligned and to work together to meet customer’s needs. If any of these individual disciplines are omitted from a standards and conformance infrastructure, essential actions will not be possible. For example, without metrology, no basic measurements are possible and without certification there can be no third-party verification.

Mr Steele commented that more could be done, including training, to raise the capacity of the standards and conformance infrastructure in emerging economies, not just in emerged economies. He added that if the metrology and standardization communities are international in their approach, they must also be international in their participation. Awareness of metrology and standardization among

industry and consumers must be raised and there are huge opportunities to work more closely at the international and regional levels as well as within the national infrastructures between the NMIs, standards bodies the accreditation bodies.

He gave an overview of the ISO in figures. As of November 2014 it had 165 national members that cover 97 % of the world's population and which account for 98 % of world-wide Gross National Income. ISO had 232 active Technical Groups, 3 483 technical bodies and 4 518 documents under development. It liaised with 649 different organizations. He outlined the breadth of ISO's work from 2010 to 2013 by showing the range of new work items that address the environmental, economic and societal needs of the global population. He commented that many of these new work items are impacted by metrology; there is much work going on within ISO that depends on measurements, highlighting the need for closer links.

Mr Steele stated that the idea of being 'international' is very important to standardization and trade. International standards promote efficiency in trade and prevent trade barriers such as additional conformity assessment costs, information costs and a loss of economies of scale. Standards, metrology and proof of conformity are critical in international and bilateral trade. The failure of the Doha Development Round in 2003 and 2008 resulted in a proliferation of bilateral and multilateral trade agreements rather than world-wide agreements. In 2003 there were around 250 bilateral and multilateral trade agreements in place. As of 10 January 2013 the WTO had received 546 notifications of regional trade agreements (RTAs) and of these, 354 were in force. There is a huge opportunity for the standards and conformance community to ensure that measurements and standards are uniform throughout the world to facilitate trade by preventing barriers.

Mr Steele proposed that to promote metrology and standardization to a wider community, it will be necessary to start "talking the language" of the customer and to focus on success stories rather than failures. ISO is using case studies to get the message of standardization across and it is promoting the message in the boardroom by using the language of business. He suggested that the metrology community could use the same approach. Standards promote innovation in business and ISO is using the following messages: standardization is a strategic business issue with direct impact on new product development; leadership in standards equals leadership in technology; standards are never neutral, they reflect the strengths and innovations of those who develop them; non-participation in standardization gifts decision-making to the competition; and the pace of development of international standards is accelerating.

Mr Steele concluded by summarizing global trends, the impact and opportunities for standards and metrology and speculated on whether the standards and conformance infrastructure is ready for the challenges ahead in areas such as nanotechnology, security, smart technologies, cities, energy and water. He commented that dialogue between the metrology and standardization communities is vital to ensure that each group understands the needs and concerns of the other. There are huge opportunities for engagement at the international level between the BIPM, ISO, ILAC, the OIML and other organizations. There could be much more engagement regionally and nationally; the metrology community is already doing much in this respect. He commented that ISO is attempting to work simpler, faster and better and this requires creative and innovative solutions and more engagement with the real world.

Dr Inglis thanked Mr Steele on behalf of the President of the CGPM and invited questions.

Ms Santo (Uruguay) recalled Mr Steele's comments on international cooperation and the need to increase cooperation regionally. She noted that the Inter-American Metrology System (SIM) has recently signed a MoU between the quality infrastructure organizations in the region to work together in many areas such as Technical Committees. She commented that this is very important and the way

forward. Mr Steele replied that ISO recognizes seven regional groups. In 2012 the ISO Council said that it could recognize and work with sub-regional groups via a MoU. This is an important step as regional groups tend to be geographic or political in their nature whereas sub-regional groups are often attached to trade groups or trading blocs. Opportunities to work with these groups should be investigated.

Prof. Uğur (CIPM) asked if ISO has the capacity to prepare the next generation of standards and to sustain its current workload considering the number of standards it is working on. Mr Steele replied that there are around 20 000 standards in the ISO catalogue and in 2013 it only withdrew around 300. He commented that ISO needs to investigate how it can involve the next generation of people, technology and thinking into how standards are developed. There are ongoing debates within the organization to try and ensure that it uses technology that is relevant to younger users to engage them in the standards process.

20. **‘Metrology and Accreditation, the benefits of closer links’ Mr Oehlenschlaeger, ILAC**

Mr Erik Oehlenschlaeger, representing the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), gave a talk entitled ‘Metrology and accreditation, the benefits of closer links’. He began by noting that under the umbrella of ILAC there are more than 45 000 accredited laboratories world-wide for testing and calibration in accordance with ISO/IEC 17025. These laboratories undertake measurements from the nano-scale to the macro-scale and in diverse disciplines from biology to electronics. Whenever and wherever measurements are performed by testing and calibration laboratories that are accredited to ISO/IEC 17025 or by medical laboratories accredited to ISO 15189, the measurements are required to be traceable to the SI whenever possible. At every assessment of the 45 000 accredited laboratories, assessors from the accreditation bodies request documentation of traceability to the SI. All assessors are trained in a similar way and have a thorough knowledge of ILAC policies. The majority of the billions of measurements that are made every year by accredited laboratories in support of trade have traceability to the SI via the NMIs in the Member States of the BIPM.

He recalled that the close collaboration between ILAC and the BIPM resulted in the publication of the ‘Calibration and Measurement Capabilities’ paper by the joint BIPM/ILAC Working Group in 2007. This paper led to a shared definition of calibration and measurement capabilities (CMCs) between the two communities. Ever since its publication the CIPM MRA has played an increasing role in accreditation. In 2010 ILAC first issued its policy ‘Uncertainty in calibration, ILAC P14’, which was updated in 2013. Once again the strong cooperation between the BIPM and ILAC was evidenced by the participation of a BIPM representative in the ILAC working group preparing this publication. Jointly with the OIML and ISO, ILAC and the BIPM issued the quadripartite Declaration on Metrological Traceability in 2011. In 2013 ILAC issued its policy for traceability, ILAC P10, which places the CIPM MRA as a cornerstone of the ILAC laboratory accreditation programme that allows trusted open access to sourcing of measurement traceability.

Mr Oehlenschlaeger commented that it is not only the CIPM MRA that is important for accreditation and ILAC; the BIPM key comparison database (KCDB) is a valuable database tool used by many accreditation bodies to establish state-of-the-art practice in metrology. Assessors have open access to

a huge amount of information on CMCs as well as results from key comparisons. ILAC looks forward to the review of the KCDB as well as the CIPM MRA and it will contribute to the discussions that lie ahead. ILAC and its accredited laboratories are a major user of CIPM MRA services.

He remarked that it is recognized and highly appreciated that many NMIs provide crucial services that are not covered by the CIPM MRA, as providers of proficiency testing schemes, known as Inter Laboratory Comparisons. Also, a small group of accredited laboratories hold primary standards and need access to a service that they can only get from the NMIs - 'to compare their realizations of the SI or derived SI units to those realized under the CIPM MRA'. ILAC would like to see this service considered as a market need when the CIPM MRA is revised so that it becomes more available; respecting that key comparisons remain organized for NMIs under the CIPM MRA in the first instance. ILAC highly appreciates those NMIs that already offer such comparisons at any level and encourages all NMIs that have signed the CIPM MRA to do this.

Mr Oehlenschlaeger commented that there are NMIs that both participate in the CIPM MRA and also choose to be accredited. In one region there is very close cooperation between the RMO and the Regional Accreditation Cooperation and this led to the development in 2012 of the '*Joint ILAC – CIPM Communication regarding the Accreditation of Calibration and Measurement Services of National Metrology Institutes*'. ILAC is pleased to see appreciation of accreditation and hopes that accredited NMIs will benefit even more from their accreditations in the future, in order to avoid duplication of work in assessment of the Quality Management System. The '*Joint Communication*' clarifies how the accreditation bodies can benefit from the work done by the Consultative Committees and from the key comparisons the NMI has participated in. In this way the CIPM MRA and ILAC Accreditation procedures complement each other in the best possible way.

He stated that while many areas of traceability have reached a high level of development, new areas are always emerging and therefore call for cooperation. This includes traceability in laboratory medicine under the joint work in the JCTLM as well as the steady growth of reference materials in the KCDB. ILAC and the BIPM collaborate in a number of other forums, often with other partners. Perhaps most notable is the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) which publishes the VIM and the GUM. In the DCMAS Network, ILAC and the BIPM work jointly towards raising the standard of technical infrastructure in developing countries, which brings benefits to everyone. The BIPM's impartial and balanced contribution to ILAC Working Groups has been highly valued and the benefits cannot be underestimated. ILAC sincerely looks forward to continuing this cooperation in the future.

Mr Oehlenschlaeger commented that ILAC appreciates the close co-operation between BIPM and the NMI community in general, which has led to enhanced development of the basic ILAC procedures. The annual meetings held between ILAC and the BIPM help ensure that the relationship stays healthy and addresses issues that are relevant to both the accreditation and metrology communities. The open and cooperative atmosphere and the mutual interest in securing traceability in measurements world-wide is indeed a joint task which enables both ILAC and the BIPM to support business and trade for the world market.

Dr Inglis thanked Mr Oehlenschlaeger on behalf of the President of the CGPM and invited questions.

Dr Laiz (Argentina) asked what the expectations of ILAC are with regard to the review of the KCDB and the CIPM MRA. Mr Oehlenschlaeger replied that ILAC has no opinion about the review process itself but what it needs from the NMIs and the metrology community is traceability. Most traceability world-wide comes from the NMIs, but it is possible to have primary standards in some high-profile calibration laboratories. Pharmaceutical companies for example want to have primary standards that

do not get contaminated by external parties. Such laboratories need to be able to compare their standards with those of the NMIs. Whilst it is accepted that it is not possible for them to participate in CIPM key comparisons, they do require a link to those comparisons through high-level bilateral comparisons with appropriate NMIs. ILAC would like to see evidence of this type of service being provided by NMIs in addition to the ongoing need for high-level calibrations.

21. Report by the President of the CCPR

Dr Usuda, President of the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (*Comité consultatif de photométrie et radiométrie*, CCPR) presented his report on the activities of the CCPR since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

The CCPR covers metrological aspects of optical light in terms of its brightness (photometry) and colour (colorimetry) as perceived by the human eye. The CCPR also deals with radiometry; the measurement of absolute radiation power and related quantities in the visible spectral range and the adjacent ranges of the infrared and the UV. Radiometry and photometry also include the measurement of optical properties of materials such as reflectance, transmittance and appearance.

The realization of the International System of Units (SI) photometric base unit, the candela, is the foundation of lighting evaluation. Activities in this field are closely connected to improvement of energy efficiency (solid-state lighting, photovoltaic cells), environment and climate studies (Earth observation), and quality of life (to aid human vision). Precise radiometric measurements are expanding into biotechnologies (fluorescent detection) and cyber security (photon counting for quantum cryptography).

Scope of the CCPR

The Consultative Committee for Photometry (CCP) was established in 1933 and became the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) in 1971. The CCPR is responsible for providing advice to the CIPM on matters concerned with photometry and radiometry. It is presently responsible for:

- the practical realization of the SI photometric base unit, the candela, and measurement standards for related photometric and radiometric quantities (luminous flux, luminous intensity, illuminance, spectral radiant flux, spectral radiance, spectral irradiance);
- the development of absolute radiometry (absolute spectral responsivity scales);
- the development of measurement scales for the optical properties of materials, including the provision of SI traceability for colorimetry of materials (spectral reflectance and spectral transmittance scales);
- the identification and support of measurement needs in fibre optics; and

- the organization of key comparisons to establish world-wide comparability of measurement standards.

Strategy

The CCPR established the Working Group on Strategic Planning (WG-SP) in 2005 to advise the CIPM on future directions in photometry and radiometry, relevant to the SI. Another objective for this working group was the optimization of the operational structure and consideration of the technical priorities of the CCPR in the context of the needs of the global community, such as the need for new definitions/standards and coordinated research. In 2007, the terms of reference of the WG-SP were expanded to include monitoring developments with respect to the future of the SI system and as a consequence a Task Group on the SI was established.

Since its inception, the CCPR WG-SP has carried out the following activities. Its first output was an opinion paper on the evolving needs in the field of photometry and radiometry for the 2007 BIPM Report *'Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society'*. During 2012 and 2013, the working group developed the CCPR strategic plan, which is relevant to member National Metrology Institutes (NMIs), Designated Institutes (DIs) and their stakeholders. The strategic plan needs to be updated regularly. To ensure this update cycle, and to provide a forum for scientific discussions of new application-related themes, the WG-SP introduced Discussion Forums as a new category of CCPR Task Group. The less formal structure will allow the discussion of measurement issues and other emerging topics of interest that would benefit from broader participation of experts, from outside the CCPR. These Discussion Forum task groups are intended to be short-lived and to recommend specific tasks to the CCPR, such as the establishment of new CCPR technical working groups, the identification of needs for cooperative NMI research or new pilot or key comparisons to provide SI traceability and to underpin associated Calibration and Measurement Capabilities (CMCs).

From the outset the CCPR has collaborated with other international organizations. In particular, it maintains regular liaison activities with the International Commission on Illumination (CIE), which has observer status in the CCPR. The CIE is responsible for standardizing the human response functions for photopic, scotopic and mesopic vision. An agreement was signed in 2007 between the CIE and the CIPM, which recognizes the complementary roles of both bodies. The CIPM is responsible for the definition of the photometric units, whereas the CIE is responsible for the standardization of the action spectra of the human eye. The World Meteorological Organization (WMO) also has observer status in the CCPR. In this case the area of common interest is climate-change related studies, since many essential climate variables require ground- or satellite-based radiometric measurements.

Interdisciplinary topics, e.g., quantum optics, earth observation, solar/stellar radiometry, etc. are exchanged with NMIs and other academic institutes at NEWRAD conferences, which are held once every three years. Internal collaborations with other CCs are also becoming popular with reference to recent terahertz (THz) measurement needs with the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM) and radiation thermometry with the Consultative Committee for Thermometry (CCT).

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

In 2012, a workshop on the *mise en pratique* (*mep*) for the candela was held, with participation from the CIE. It resulted in a recommendation to the CCPR to create a joint CCPR/CIE Task Group to develop a joint CIPM/CIE publication on ‘Principles Governing Photometry’. It will include information on all photometric quantities and units and the CIE standard spectral luminous efficiency functions for photopic, scotopic and mesopic vision. This document will replace the existing BIPM Monographie: *Principles Governing Photometry* (1983) and it is expected that it will also serve as an update of the CIE technical report, *CIE 18.2-1983: The Basis of Physical Photometry*, which is almost identical. The best way to prepare a *mep* was also discussed. The new document will include recent CIE action spectra for human vision in intermediate (mesopic) lighting conditions.

A workshop on SI units for Photometry and Radiometry was organized in 2013; again with representation from the CIE. The workshop included a discussion on the proposal to replace the candela as the photometric SI base unit with the lumen. The CIE representative presented the outcome of discussions within the CIE which resulted in the recommendation that “in the absence of compelling reasons to change from the candela to the lumen as the SI base unit, it is highly recommended to maintain the *status quo*.” The participants at the workshop agreed with this recommendation.

The Discussion Forum task groups have advanced their aims through the use of surveys. Both TG6 (on fibre optics) and TG8 (on THz metrology) have conducted surveys of NMI capabilities and needs for traceability of fibre optic and THz measurements, respectively. An outcome of these surveys has been the prioritization of measurement needs and the establishment of a new Task Group, TG9 (on OTDR length comparison), to develop the technical protocol for a pilot comparison of optical time domain reflectometry (OTDR) length and a preliminary investigation of a THz detector comparison by NMIs active in this field.

Main activities

- Review and comment on the CCU proposal for the wording of the candela definition
- Creation of a number of technical task groups
 - Few-photon metrology
 - Fibre optics
 - Comparison analysis
 - OTDR length comparison
 - SI
 - *Mise en pratique*
 - THz metrology, with a liaison person to the CCEM
- Information exchange with the CIE in fields of common interest:
 - Introduction of the mesopic observer by the CIE
 - Reworded definition of the candela
- Joint CIE-CCPR publication ‘*Principles governing photometry*’
- Publication of the *mise en pratique* for photometric units
- Publication of a series of internal CCPR guidelines, to streamline processes related to key comparisons (KCs)

- Organization of two workshops, with participation from the CIE
 - *Mise en pratique* for the candela (2012)
 - SI units for Photometry and Radiometry (2013)
- Finalization of first round of key comparisons; review and approval of two CCPR and ten RMO comparisons since the last CGPM
- Careful planning of the second round of KCs, similar to first round but starting about one KC per year to avoid overloading the CCPR members.

Challenges and difficulties

The current definition of the candela, the base unit for photometry, was adopted in 1979. It offered the user more flexibility in the choice of the method for realization of the unit, whereas the 1948 definition was specific to the use of a particular source - a platinum blackbody at its freezing point, which was difficult to operate. The new definition can be realized more easily by a direct method in which the standard lamp is directly calibrated in luminous intensity against a photometer, which itself is calibrated against an absolute radiometer.

Based on the possibilities offered by this definition and the wide availability of primary radiometric standards, and due to resource constraints, the BIPM closed its radiometric and photometric laboratories in 2003. However, this does not mean that photometric and radiometric metrology became mature. In fact, there has been a transformational change in light and lighting with the improved technology offered by light-emitting diodes (LEDs) whose application in general purpose lighting has been growing rapidly over the past decade, and which is replacing traditional incandescent and fluorescent light sources. This impacts the NMIs and the CCPR since the methodologies for measuring the optical quantities that are most relevant for these LEDs are different from those of traditional light sources and need to be more fully developed. Member NMIs are requested to adapt their national standards from traditional light sources to solid-state lamps.

Before its closure, the Photometry and Radiometry Section at the BIPM had been a viable and active contributor to the sectors served by the NMI members of the CCPR and had organized several key comparisons. These activities ceased when the CGPM decided to close the Photometry and Radiometry Section in 2003. However, expectations that the BIPM could serve again as a coordinating entity in this area are growing.

While the current traceability system for relatively large radiation levels is well established, photon-based quantum standards for low levels of optical radiation are in the process of being developed. It remains a challenge to bridge the gap between both regimes.

Vision is one of the most important means for humans to obtain information on their surroundings and for making key decisions. Thus, robust measurement systems for appearance, display and imaging are emerging industrial needs. The drivers are consumer perceptions of ‘quality’, ‘suitability’ and ‘desirability’ and the means to assess these at the design, production and test phases of product development and production cycles independent of the human observer.

Outlook in the short and long term

Energy

Photovoltaics

In the context of the CCPR, photovoltaics are the key technology for energy production. Driven by the desire to reduce dependency on fossil fuels, to reduce carbon emissions and improve sustainability, photovoltaics are the subject of world-wide research. In this context, improved accuracy for photovoltaic efficiency measurements under ‘real conditions’ and at production-level spatial scales, as well as consistent international traceability for all types of photovoltaic cells, are requested from stakeholders.

Solid-state lighting (SSL)

SSL is making major inroads into consumer applications with phased removal of energy-inefficient incandescent lamps. In the main, there are radiometric/photometric metrology challenges associated with the new light source technologies (LED, OLED) that are evolutionary in nature. However, in current practice, they are more about ensuring that an appropriate metric is associated to devices that are relevant to the customer and the intended application and ensuring that industry can standardize measuring conditions, etc. The longer-term move towards OLEDs and lighting panels will require further evolution and standardization of techniques. It will not be a driver for fundamentally new primary standards and key comparisons, but will require a careful consideration of the choice of artefacts for future comparisons. In this context, the standardization of specification of measurement conditions for new lighting types, and development of metrics to meet consumer needs are requested from stakeholders.

Environment and climate

Changes in the climate are due to subtle changes in the optical radiation balance (incoming to outgoing) of the Earth, leading to a resultant increase in global temperature. Although, in principle, the absolute change in temperature can be measured through a global network of ‘thermometers’ this is not by itself a reliable metric due to sampling issues, local changes, as well as the sensing techniques themselves. The community thus makes use of a variety of indicators to monitor and infer change or the impact of change. These are the so-called Essential Climate Variables (ECVs); more than two thirds of the 50 ECVs involve some form of optical radiation measurement: emitted, direct, absorbed or reflected. This will require new measurement standards for environmental changes and the environmental performance of new technologies.

As climate change needs to be monitored globally, this drives the need for satellite-based observation of the Earth-Sun system. In order to reliably detect changes in the environment and to monitor the climate, a robust and stable satellite-based measurement infrastructure is required. This typically involves measurements at very low levels and over long timescales. The activities to be addressed most urgently through research include validated and traceable measurement techniques, sensors and measurement standards capable of detecting small changes over long periods, and the assessment and management of environmental noise. The metrological needs and key challenges in these sectors are:

- novel sensors and underpinning measurements for global surface and ocean temperatures and stable long-term trends in the composition of the ocean and atmosphere,

- provision of a distributed system capable of providing traceability to SI units for measurement data from global ground and satellite-based networks,
- development of techniques which can make possible a set of SI-traceable radiometric standards and instruments to make such measurements in space.

Health and Quality of life

The medical and health sectors continue to make increased use of optical radiation for both diagnosis and treatment. Metrology for health underpins the more reliable and efficient exploitation of diagnostic and therapeutic methods and the development of new techniques, which is needed to improve health care, limit costs and foster the competitiveness of the related industries and services.

Security

Security-related metrology includes development and characterization of THz sources and detectors. The terahertz region is the last part of the non-ionizing EM spectrum to be exploited technologically. An emerging THz industry is developing rapidly. Major drivers for this rapid growth, besides security applications are, medical imaging, biological screening, e.g. of toxins in the atmosphere, and biological and pharmaceutical spectrometry of solids and liquids. At present, little metrological support can be provided for this activity, although it has been requested by industry. The growth of this industrial need will require the establishment of traceable radiometry in the THz range.

Another research option is underpinning quantum cryptography by entangled photon-sources which are also of interest in radiometry, and by validation procedures for information integrity, which also affects legal metrology. The extremely strong privacy properties of quantum key distribution (QKD) can be used as security-enhancing technologies to enforce protection of personal data. The target is to develop the metrological expertise and capabilities to meet the needs of future developments in QKD components such as sources, detectors, true physical quantum random number generators and quantum repeaters.

CCPR Data

CCPR set up in 1933 (as CCP)

President: T. Usuda

Executive Secretary: M. Stock

Membership:

23 members and 4 observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

23-24 February 2012 / 17-18 September 2014

Three Working Groups:

- Key Comparisons (WG-KC)
- CMCs (WG-CMC)
- Strategic Planning (WG-SP)

CCPR Comparison activity	Completed	In progress	Planned [period]
CCPR key comparisons (and supplementary comparisons)	20 (including 3 approved for provisional equivalence, before 1999)	2	8 (until 2019)
BIPM comparisons	3 (activity now terminated at the BIPM)	0	0
CC pilot studies	3	0	2
CMCs	1271 CMCs in 85 service categories registered in the KCDB		

Dr Inglis thanked Dr Usuda on behalf of the President of the CGPM and invited questions. There were none.

22. Report by the President of the CCT

Dr Duan, President of the Consultative Committee for Thermometry (*Comité consultatif de thermométrie*, CCT) presented his report on the activities of the CCT since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

The CCT covers metrology linked to temperature, humidity and thermophysical quantities². In 2012 it carried out a significant analysis of its accomplishments since the introduction of the CIPM MRA and a forecast of its impact. Following on from the strategic planning process, it became clear that a large increase in the number of future key comparisons is not expected. The number of Working Groups was reduced in a recent reorganization of the CCT.

A precise and accurate knowledge of temperature is important in science, technology and industry where precision and pushed limits are targeted. Temperature and humidity metrology play important roles in climate studies, whereas thermophysical quantities represent essential information to balance costs linked to energy consumption.

Scope of the CCT

The CCT gives advice to the CIPM on all scientific matters and issues that influence metrology in the fields of temperature, humidity and thermophysical quantities. It assures continuity and reliable precision of a common international temperature scale and promotes best practice. The CCT

² Thermophysical quantities describe thermal behaviour in matter, such as thermal conduction or thermal insulation.

identifies and organizes key comparisons in its fields to establish global comparability of measurements and traceability to the SI, and assures the degree of quality of reported data. The CCT also acts as the focus and network for this diverse community, to develop common aims and collaboration among national metrology institutes (NMIs) and designated institutes (DIs) in Member States of the BIPM or with other relevant bodies.

Strategy

In 2012, the CCT carried out a significant analysis of its accomplishments since the introduction of the CIPM MRA and a forecast of its impact. The CCT strategic plan now provides a global picture of the present and future needs in thermal metrology. No thermometry activities are carried out at the BIPM, so the strategic plan is of relevance to the NMIs, DIs and their stakeholders, and will be updated regularly.

Following the strategic planning process, it became clear that a large increase in the number of future key comparisons is not expected. The comparison phase within thermometry has matured and is presently dominated by repeats of previous key comparisons. During the last decade, a number of humidity comparisons have been initiated and face continued technical challenges. The most recent discipline is represented by the cross-disciplinary field of thermophysical quantities for which three supplementary comparisons of different quantities are presently in progress.

The CCT has seen an increase in the number of Working Groups and large increase in its membership over the last 20 years. As an outcome of its strategic planning exercise, and in line with a general request expressed by the NMI Directors, the CCT reviewed its Working Groups, their mission and membership at its 27th meeting in 2014. The number of Working Groups was reduced from ten to six. Three of these Working Groups undertake continuous tasks of the CCT to assure quality of reported key comparisons, relevance of submitted data on calibration and measurement capabilities (CMCs) and strategic planning; the other three cover the fields of contact thermometry, non-contact thermometry and humidity.

Some of the essential CCT activities were brought together into five Task Groups, which will have a limited duration dependant on achievement of the objective and/or time. Two of these Task Groups are responsible for the recent ongoing revisions of guidance on the realization of the international temperature scale and guidance on secondary thermometry; one Task Group is specifically dedicated to the new definition of the kelvin; a fourth Task Group addresses imperative issues linked to thermophysical quantities. A new Task Group was created to study how the CCT may best contribute to addressing environmental problems.

The CCT Strategic Planning document, which has already been published, gives a detailed analysis of each separate CCT discipline. To offer a concise assessment, the Section ‘Outlook in the short and long term’ of the CCT report gives a shorter summary of the needs and impact of thermal metrology within a selected number of larger areas.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

The CCT has met twice since the 24th meeting of the CGPM (2011). As recommended by the CIPM *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM in 2012, the RMO TC-T chairs were invited to the last CCT

meeting, as well as to participate at the Key Comparison and Strategic Planning Working Group meetings. The actions and decisions were identified after each meeting and uploaded to the open CCT web pages to rapidly make a summary publicly available before the publication of the minutes. A monthly newsletter on CCT activities is communicated to all CCT participants.

Main activities

The Strategic Planning exercise acted as a catalyst to identify the urgent needs in thermometry, such as the updated confirmation of national realizations of ITS-90 above the silver point by radiation thermometry. Rapid actions were carried out among potential participants and a new key comparison was registered in the key comparison database (KCDB) at the 2014 CCT meeting, ready to start in the third quarter of 2014

The final report of the first key comparison on humidity was completed, and a renewed key comparison of standard platinum thermometers, involving 15 participants, was initiated and for which all measurements have been completed.

Guidance documents on the realization of the ITS-90 and secondary thermometry are being revised. The '*Mise en Pratique* of the realization of the kelvin' was drafted and submitted to the Consultative Committee for Units (CCU), ready to be published after the new definition of the kelvin has been adopted by the CGPM.

The CCT Working Groups have all been active and many of them met at the TEMPMEKO conference which was held Madeira, Portugal, in October 2013. The Task Group on the SI continuously monitors the progress on experimental determinations of the Boltzmann constant and has worked closely with the International Council for Science: Committee on Data for Science and Technology (CODATA) on this issue.

As described above, the Working Group structure of the CCT was rationalized in 2014.

Contact with the CCT's stakeholders is achieved mainly through its Working Groups and Task Groups. Stakeholders include international bodies such as the International Association on Properties of Water and Steam (IAPWS), the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), the International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry (ICTAC), the International Association of Chemical Thermodynamics (IACT) and groups within the World Meteorological Organization (WMO). Colleagues from the IAPWS and WMO were invited to the CCT meeting in 2014.

The Mittatekniikan Keskus, Centre for Metrology and Accreditation (MIKES - Finland) became a full member of the CCT in 2011 and the Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO - Brazil) became a full member in 2012. The Croatian Metrology Institute - Laboratory for Testing of Mechanical Properties (HMI/FSB-LPM - Croatia) and the Czech Metrology Institute (CMI - Czech Republic) obtained observer status in 2012 and 2014, respectively.

Challenges and difficulties

A challenge faced by the CCT, which is linked to the new definition of the kelvin, is the balance between pushing the measurement uncertainties for determining the Boltzmann constant to unprecedented limits, versus the growing need to systematically measure the difference between the present temperature scale (the ITS-90) and thermodynamic temperature using new primary instruments and methods. This is of course the responsibility of NMIs, some are already transferring

resources from the Boltzmann constant determination to the latter measurements, but this may also influence the final uncertainty achieved for the value of the Boltzmann constant.

Further, for the scientific community, the future redefinition of the kelvin is clear and consistent but appears abstract to most of the user community; there is a challenge in how to make this concept more accessible, for example to schoolchildren and students.

Comparisons to accomplish traceability are made by circulating travelling standards, such as high precision thermometers, hygrometers or reference materials. This process is unavoidably time consuming where the outcome of global comparisons depends on the stability of the circulated standard. Unfortunately, transport problems are regularly encountered; some of the instruments are extremely sensitive to shocks but are of such dimensions that they must be carried by hand. Other problems are linked to customs procedures which can be particularly troublesome for the sensitive and fragile instruments involved. One realization of fixed-points involves mercury, which is very difficult to transport for regulatory and safety reasons.

Thermometry is regarded by many people as ‘old’ science and fewer students are attracted to this academic area today. There is real concern over how to maintain existing know-how in this particular discipline, not only in the metrology sector but also in the manufacturing industry, as this is fundamental to high precision science and technology. The onus is on the thermometry community to communicate more clearly the importance of the discipline.

The future technical and scientific challenges are reported below.

Outlook in the short and long term

Science and Support to Metrology

Precise and accurate knowledge of temperature is important in all scientific fields where precision and pushed limits are targeted. The SI unit for temperature, *kelvin*, is defined by the temperature when ice, water and water vapour co-exist (0.01 °C). This may be represented by a physical artefact in the form of a water-filled sealed glass cell and is generally known as a ‘water triple point cell’. However, physical artefacts are generally not constant over time; for example the impurities in the water will slowly shift the measured reference with time. Nevertheless, in contrast to this, temperature may be defined by a natural constant of a fixed value: the Boltzmann constant *k*.

Many institutes world-wide have, during the last decade, carried out sophisticated measurements to prepare for such a redefinition of the *kelvin*, which is planned for 2018. They have used very different techniques which will allow for a robust and definitive determination of the Boltzmann constant. These developments have also allowed better understanding of, and in some cases the discovery of, important influencing factors. Furthermore, the new devices developed for this purpose will be used to measure thermodynamic temperature over a wide range of temperatures. This will allow determination of the difference between the present temperature scale (ITS-90) and the realization of temperature using these new primary instruments and methods. This phase has already started in some NMIs and is expected to last at least until the early to mid-2020s.

One particularly important task for the CCT is the maintenance and revision of an internationally accepted common temperature scale. Recent progress linked to the new definition of the kelvin, but also previous work, in particular at extreme low temperatures, will stimulate the need for a new temperature scale.

One of the missions of the CCT is to promote best practice and this is realized through several initiatives:

- A new document on the realization of the ITS-90, that will supersede the current version, is presently being prepared and will be published on the open-access CCT web pages by 2015;
- A revised version on guidance for secondary thermometry, particularly useful for the end-user, is in progress and is planned for web publication by 2016;
- Guidance documents on how to estimate uncertainties linked to fields within thermometry have been and continue to be developed for temperature (Standard Platinum Resistance Thermometers), humidity and thermophysical quantities, and are planned to be openly available web publications.

Technology and Economy

Credible thermal design for production control in the metallurgical and ceramic industries relies on thermophysical quantity data related to transfer and storage of heat (thermal conductivity, heat capacity and thermal diffusivity). Improvements to the insulation of buildings, refrigerators, furnaces, kilns, boilers, pipelines etc. represent huge cost reductions world-wide. Thermal conductivity as a direct index of performance for insulating materials, and heat flux density determinations as a direct index for heat loss will become increasingly important. One key technology is represented by power electronics to control high current for inverters, power transmission, hybrid cars, electric vehicles and electric trains. High thermal conductivity heat spreaders are necessary to reduce overheating of power devices under high-current operations and the thermal expansion of heat spreaders is of significant importance. Industries such as aerospace require improved thermometry both in manufacture of large structures and in the design of new turbine engines, as well as during their routine operation. In addition, many high-tech industries from nuclear power to laser material processing require precise temperature control to maintain safe and effective operation.

Advanced industrial technologies, such as highly integrated electrical devices, optical disks, magneto-optical disks and thermoelectric devices, require precise knowledge of thermophysical quantity values, in this case for thin films, to achieve a reliable thermal design.

In the longer term, increasing computer power through quantum computing is a potential growth industry requiring accurate temperature measurement at very low temperatures.

Environment and climate

Climate and meteorology are priority areas. Temperature and humidity are fundamental quantities involved in a wide range of climate change investigations. Comparatively small uncertainties are required for reliable temperature measurements in some environments, but perturbing effects may induce large additional uncertainty components. This puts a high demand on technology and methodology, and is a metrological issue.

The need for reliable humidity measurements in extremely different conditions represents a serious challenge where standardized validation methods and methods of how to quantify uncertainty are required. A significant cooperation with the IAPWS has been established to develop universal definitions of humidity quantities. It is driven by needs in the observation and modelling of land and sea surface humidity conditions.

Further developments in the humidity field are required to support climate and weather observation and research, involving measurements in diverse gases such as carbon dioxide, hydrogen and fuel gas mixtures. There will be an increasing need for NMIs to demonstrate impact in these areas, including support for CMCs and other harmonization in the field.

The broadening of NMI capabilities, to make primary realizations and disseminate traceability for humidity quantities in diverse gases at a range of pressures, represents a significant step-change in this field.

There is a lack of comparability today for meteorological observations and poor traceability to international measurement standards. The CCT's extensive network of stakeholders and expertise in this area could potentially lead to a tangible contribution by the CCT, which is a part of its short and long-term planning. The creation of a new Task Group for Environment was a first step in this direction.

Energy

Improved thermometry in industry is an essential step towards optimizing energy use and minimizing emissions. It is also critical for enhancing the performance of the current generation of power plants. Reliable values of thermophysical quantities are particularly important for the reduction of global energy consumption. The knowledge of the released thermal energy by combustion of natural gas, bio-diesel and bio-ethanol is important for trade, while energy linked to fusion and heat storage is required by the automotive and housing industries. Thermoelectric properties and the performance of thermoelectric modules required for the recycling of heat are other examples where thermophysical quantities play an important role.

CCT Data

CCT set up in 1937

President: Y. Duan

Executive secretary *ad interim*: S. Picard

Membership:

23 members and 2 observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

24-25 May 2012 / 21-23 May 2014

Six Working Groups:

- Key Comparisons (WG-KC)
- CMC Coordination (WG-CMC)
- Strategic Planning (WG-SP)
- Contact Thermometry (WG-CTh)
- Non-Contact Thermometry (WG-NCTh) Humidity (WG-Hu)
- Humidity (WG-Hu)

Five Task Groups:

- SI (TG-SI)
- Kelvin (TG-K)
- Guide to Thermometry (TG-GoTh)
- Thermodynamic Quantities (TG-ThQ)
- Environment (TG-Env)

CCT Comparison activity	Completed	In progress	Planned [2015-2018]
CCT key comparisons (and supplementary comparisons)	11	7 + (3)	3
BIPM comparisons ³	0	0	0
CCT pilot studies	3	0	3
CMCs	2222 CMCs in 46 service categories registered in the KCDB		

Dr Inglis thanked Dr Duan on behalf of the President of the CGPM and invited questions. There were none.

23. Nomination of members for the Working Group on the BIPM Dotation

Dr Inglis introduced this agenda item on behalf of the President of the CGPM and handed over to Dr Kaarls, Secretary of the CGPM to present the proposed composition of the Working Group on the BIPM dotation. Dr Kaarls commented that there had been an informal preliminary meeting on the BIPM dotation on 17 November 2014 to discuss the Programme of Work and the related dotation. The Working Group on the BIPM dotation will meet on 19 November. He recalled the list of Member States that were represented at the informal meeting: Australia, Austria, Brazil, Canada, China, France, Germany, Italy, Japan, Republic of Korea, Mexico, the Netherlands, New Zealand, Russian Federation, South Africa, Spain, Switzerland, the UK and the USA. He noted that the assumption was that representatives from these Member States will take part in the Working Group on the BIPM Dotation. Dr Kaarls proposed the CIPM President as Chairman of the Working Group on the BIPM dotation that would also include the CIPM Secretary and the BIPM Director. The BIPM Accountancy Administrator and the BIPM Director of the International Liaison and Communication Department would also be in attendance. Dr Kaarls asked if there were any further Member States that wished to be represented; Portugal indicated that it did. The composition of the Working Group was adopted with no objections.

Dr Inglis thanked the guest speakers on behalf of the President of the CGPM and commented that they had demonstrated the level of international dependence on the role and activities of the BIPM. He closed the second session.

³ One of the completed CCT comparisons was piloted by the BIPM.

Third session – 19 November 2014 (morning)

Prof. Taquet resumed his role as President of the CGPM and opened the third session on Wednesday 19 November.

24. A long-term strategy for the BIPM

Dr Milton, Director of the BIPM, spoke about the work that had been done to develop and agree a long-term strategy for the BIPM. The work has included a review of the Mission, Role and Objectives; the development of a strategy for each of the Consultative Committees; development of a strategy for the period 2016-2019; and the development of the long-term strategy itself.

The Mission, Role and Objectives document provides the basis for the development of the strategy. The seven objectives of the BIPM can be grouped under three headings:

- Technical coordination

- to establish and maintain appropriate reference standards
- to coordinate international comparisons
- to provide selected calibrations.

- Supporting a global framework for coordination

- to coordinate activities between the NMIs of Member States
- to liaise as required with relevant inter-governmental organizations.

- Communication and promotion

- to organize scientific meetings
- to inform through publications and meetings.

Dr Milton presented the long-term objectives under three headings: coordination and liaison; the technical areas (Physical and Time Metrology and Chemistry and Ionizing Radiation Metrology); and underpinning objectives such as human resources and infrastructure. He gave some examples of the long-term objectives under each heading. In the area of coordination and liaison the long-term objectives include continuing to adapt the coordination and technical roles to the evolving landscape of NMIs and RMOs and improving the balance of opportunities for engagement for all Member States. For Physical and Time Metrology the objectives include selecting and implementing the most accurate and efficient means of realizing the kilogram using either the watt balance or the silicon X-ray crystal density (XRCD) methods, implementing a new generation of compact and versatile quantum standards for on-site comparisons, and providing a near to real-time implementation of UTC. For human resources and infrastructure, the objectives include increasing secondment opportunities both to and from the BIPM, and providing electronic access to all key meetings.

He gave a more detailed description of the long-term strategy for projects in Chemistry and Ionizing Radiation in order to clarify why the BIPM works in these areas and how the priorities are

set. The requirements in these fields are large and are growing rapidly. Since the BIPM operates a programme with modest resources, collaboration with the NMIs is particularly important. Rigorous criteria are set for all work in these fields, namely to coordinate a limited number of key comparisons of measurands that require the highest accuracies and stable long-term reference values, that exemplify the most important competencies in the field and are selected to address areas of the greatest global importance. The thematic programme addresses grand challenges for metrology. For example, in chemistry new high-priority measurands are proposed in comparisons of the most potent greenhouse gases and selected air-quality gases to underpin traceability for global climate monitoring and population protection. Projects in ionizing radiation will focus on new high-priority measurands in comparisons of: dose to underpin the world-reference system for radiotherapy, radioprotection and radio-diagnostics; and radioactivity to underpin the world reference system for human health, environmental protection and nuclear energy applications.

Dr Milton completed his presentation by reiterating that the Mission, Role and Objectives of the BIPM have been refreshed and republished, the consultation process for developing a strategy for each Consultative Committee was completed in 2013, the Strategy for 2016-2019 has been developed and reviewed and targets have been proposed for the long-term strategy.

The President of the CGPM thanked Dr Milton and invited questions.

Dr Steele (Canada) congratulated the Director of the BIPM and all those that have worked on the development of the BIPM Strategic Plan. He commented that it is very welcome, forward-looking, and captures at an appropriate and high level the relationship between the vision and the mission and the operations of both the laboratory and coordinating programmes at the BIPM. He particularly praised the linkage of the tasks to the outcomes and the objectives. He commented that some of the issues reflected in the BIPM strategic plan are common to the strategic plans of many of the NMIs. For example, dealing with the problems associated with ageing staff, staff turnover and recruitment are common issues faced throughout the metrology sector. Linking limited capabilities to appropriate key areas is also a common theme facing NMIs.

However, the issue of how the unique international posture of the BIPM as an international organization can be leveraged to provide additional benefits to the NMIs and the stakeholder community should be readdressed. There is a need to consider how to differentiate the unique aspects of the BIPM as an international organization and then use it to achieve national advantage for each of the Member States. There has been some discussion, but the focus has been on improvements in governance locally at the laboratory and support services level; this has delayed the acceptance of the same challenge and responsibility that can be ‘pushed up’ the governance chain to implicate directly the CIPM and perhaps more broadly the CGPM. He proposed that this is the time to think about a strategic plan for an ‘international metrology framework’ that could go beyond the work done just by the BIPM, possibly in the form of a strategic plan from the General Conference itself. There are many standing committees that give the Member States opportunities to participate actively between meetings of the General Conference. He commented that he would like to see how to bring these ideas to bear, perhaps during this meeting.

Finally, he proposed a separate challenge. The work done so far in terms of the review of governance of the BIPM is a great first step and should not be underestimated, especially given the limited time available. However, what is missing, in terms of an accountability framework, is how to set targets and milestones so that when looking back at the successes and challenges, it will be possible to determine whether things were achieved in the way that was expected. Much has been done to state what has been done with regard to the plan, but a way of articulating this more clearly will help understand what progress has been made and what work is under way. This is a lesson for everyone.

Governments are expecting more of this ‘visible management’ rather than pure science tasks. He suggested that the CIPM could have a role in shaping this.

Dr Milton recalled that this had been a topic of discussion at the last CIPM meeting. The long-term strategy for the BIPM had been presented and the CIPM had started to look into whether a CIPM strategy is needed. The CIPM had tasked Dr Milton with drafting a proposal for discussion at a future meeting. Dr Inglis added that the CIPM is looking at the bigger picture and is considering its strategy and vision. Whilst it had been busy with governance issues over the last three years it will now be able to look at some of the points raised by Dr Steele.

Ms Chambon (France) congratulated the BIPM and the CIPM on the work it has done, particularly in preparing the CC strategies. She commented that this is the first time that a clear CC document has been available and this is very important for all NMIs and Member States so that they have a clear idea of what will be done by the CCs. The workload of the CCs has an impact on all NMIs. She urged the CCs to continue to work on their strategies and commended the CCM on the consolidation of its Working Groups. She suggested that this approach should be considered by the other CCs.

Dr Zvizdic (Croatia) thanked Dr Milton for his presentation and commented that a great deal of work has been done and there has been an improvement in transparency. He commented that he is aware of efforts by the BIPM to promote metrology to emerging countries and to new members and recalled seminars being held in South Africa. He noted that he would like to see more of this type of activity in the future plans of the BIPM. One of the roles of the BIPM could be to find ‘smart specialization’ for appropriate NMIs and knowledge transfer to NMIs that only have limited capabilities. Such NMIs would benefit from secondments to and from the BIPM as well as from seminars.

Ms Santo (Uruguay) commented that it had been an honour to serve on the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM and thanked the BIPM and the CIPM for the work that they have achieved. She agreed with Dr Steele that the CIPM should look for an overarching strategy that includes all NMIs.

25. The Work Programme of the BIPM for the years 2016 to 2019

Dr Milton presented the proposals for the Work Programme of the BIPM for the four years 2016 to 2019, the full text of which is included as Appendix B. A new approach had been taken when developing the Work Programme and it was presented according to activity rather than by department. Each project was presented with estimates for the staff time required, the operating expenditure and the investment expenditure. The Work is presented consistently across all areas and alternative activities have been shown in each area along with their estimated cost.

The Work Programme was inspired by and builds on feedback received in response to the Consultative Committee strategies. A key principle behind the development of the Work Programme was that there must be a specific reason for the work to be commissioned at the BIPM, rather than at the NMIs, and that the BIPM should only work within its unique role.

There is a strategy for each theme in the Work Programme and Dr Milton mentioned some of the new activities in each area. The foundation of the BIPM’s activities will continue to be in liaison and coordination, performed by staff across all parts of the organization. New initiatives will include a review of the CIPM MRA. In physical metrology, proposed new work in the area of mass metrology

includes: development of an improved cleaning technique to support the dissemination of mass standards in air; research to improve the characterization and performance of the ensemble of mass standards; and leading a comparison of primary realizations that will underpin the new definition of the kilogram. In electrical metrology the BIPM will continue to provide travelling AC Josephson voltage standards for comparisons; it plans to realize the quantum hall effect in graphene to replace GaAs as the travelling standard; and there is a proposal for a new capacitance comparison that will involve 15 to 20 NMIs. In time metrology, new time comparison technologies will be incorporated into UTC. In chemical metrology the focus is on the most potent greenhouse gases and selected air quality gases. In the organic analysis area the focus is on organic materials to underpin world-wide requirements for traceability in laboratory medicine, forensic science and food quality; new high-priority measurands at new levels have been incorporated in the Work Programme. In ionizing radiation a number of new high-priority measurands have been identified in dose and radioactivity to underpin the world reference system.

Dr Milton commented that secondments are an important part of building the BIPM's programme and taking it forward. In 2013-2015 the BIPM received approximately 42 person months per year of secondments, an increase from the 29 person months per year in the previous work programme.

In summary, the process of developing the Work Programme recognized that the BIPM is part of a wider community. Many Member State representatives and NMI Directors had contributed to its development. The Consultative Committees and the CIPM helped to set the priorities and reviewed the proposals. The costings have been done on the basis of the BIPM's long-term financial plan and form the basis of the proposed scenarios for the dotation for 2016-2019.

The President of the CGPM thanked Dr Milton and invited questions.

Dr Robles Carbonell (Spain) thanked Dr Milton for his presentation and expressed his appreciation for the new approach taken by the BIPM. He ventured the opinion that a tool is needed to evaluate the success of the programme over the next four years and its impact in the NMIs and international metrology. He suggested that metrics should be considered to measure the success of the Work Programme and that this tool should include some indication of how the programme will address the topics that are proposed. Dr Milton replied that the programme includes objectives and milestones that are more detailed than in previous programmes and as Director of the BIPM, he will monitor the delivery of the programme against these and will report back to the CIPM. This process will be more rigorous than in previous programmes because the objectives have been declared in more detail.

Dr Fisk (Australia) commended the transparency of the process which led to the Work Programme. He commented that as the Director of a medium-sized NMI and as an RMO chair he could see a clear benefit to the NMIs and the RMOs from each activity in the Work Programme. He felt the programme was well put together and noted that in terms of a metric for measuring the success of the programme, one measure will be the reaction of NMI Directors, RMO Chairs and RMO senior officers to the benefits that they have directly felt from the Work Programme.

Dr Nava-Jaimes (Mexico) thanked the BIPM for the work that has been done to develop the Work Programme. He noted that criteria are needed to assess the programme but carrying out a global evaluation is very difficult. Dr Milton agreed that impact studies are difficult to commission and the best ones are truly independent and are often very expensive. This will be considered again by the CIPM.

26. 'Building a world-wide metrology: the challenge in emerging economies'
Mr Mukhufhi, NMISA

Mr Ndwakhulu Mukhufhi, Chief Executive Officer of the National Metrology Institute of South Africa (NMISA), gave a talk entitled 'Building a world-wide metrology: the challenge in emerging economies'.

He began by describing the various natural wonders of Africa and by highlighting that the continent holds the bulk of the World's platinum group metal reserves and other mineral reserves. Despite this natural wealth it is the world's poorest continent, with 25 of its nations ranked among the least developed in the world. There is however hope. In 2009, John Page, the Chief Economist for Africa for the World Bank stated that "*for the first time in about almost 30 years we've seen a large number of African countries that have begun to show sustained economic growth at rates that are similar to those in the rest of the developing world and actually today exceed the rate of growth in most of the advanced economies*". Mr Mukhufhi commented that some of this growth is due to contributions from metrology.

He remarked that many of the challenges faced by emerging economies in Africa are due to the continent's reliance on raw material exports, particularly agricultural products, minerals, metals and oil. Manufacturing is limited mostly to Egypt, Kenya, Morocco, South Africa and Tunisia. The metrological infrastructure in Africa and the quality infrastructure as a whole make a significant contribution to the development of economic activities in the manufacturing industry. Africa currently accounts for 13 % of global production of oil and natural gas and this is expected to rise to 30 % over time. Most is exported as crude oil, with little benefit to the local population. Africa holds 30 % of the world's major metal reserves and 90 % of the platinum group metal reserves. However, again there is little beneficiation with most exported as raw materials. This could change if a strong quality infrastructure could be developed to support added value to industry and growth of beneficiation. The top trading partners for Africa are the European Union, Asia and the United States. Intra-trade among African countries is very low and estimated at 12 %. This compares to intra-trade among the EU members of 70 %, Asia (52 %) and North America (50 %). The situation in Africa could be improved if an infrastructure were developed to encourage trade in finished products rather than raw materials. A Pan-African quality infrastructure is needed for: provision of a platform for the participation of African countries in quality infrastructure activities and exchange of knowledge in the fields of interest to boost inter-Africa and intra-African industrialization and trade; fast tracking the adoption and implementation of common policies on measurement, standardization, conformity assessment and accreditation among Member States to promote industrialization and trade in Africa; and harmonization of Regional Economic Community standards and conformity assessment procedures as well as accreditation to enhance market access and global trade around the WTO procedures. Further challenges for metrology in emerging economies in Africa come from customs problems, with artefacts potentially getting held up by customs procedures for up to six months, and from travel difficulties, because not all countries are connected by air. The potential customs problems can cause difficulties with the organization of comparisons. The travel difficulties, combined with the significant size of the continent have resulted in much of the metrological development in Africa being in sub-regional RMOs rather than one all-encompassing metrology organization.

Mr Mukhufhi recalled that the Intra-Africa Metrology System (AFRIMETS) was officially accepted as a RMO by the CIPM in October 2008. It took over from SADC MET which operated

between 1999 and 2008. Development of the metrology infrastructure within AFRIMETS is grouped into three main categories:

- Continental: high-level capabilities at the CMC level within NMIs
- Regional: medium-level capabilities and leading regional capabilities
- National: ‘fit-for-purpose’ capabilities per country.

A ‘tailor made’ strategy was developed for each of the Sub-RMOs. The metrology strategy of AFRIMETS was implemented at two distinct levels. At the Sub-RMO level basic capabilities were developed to assist with intra-African trade. These consisted of developing basic legal and industrial metrology capabilities in Sub-RMO members; strengthening the Sub-RMO institutions; and developing leading legal metrology institutes (LMIs) and NMIs to provide the link to the RMO. At the RMO level, capabilities were developed for international acceptance to facilitate international trade. These developments consisted of strengthening the AFRIMETS institution; strengthening leading NMIs and LMIs and shortening the traceability chain; and providing the link to the international measurement system. AFRIMETS operates a skills development strategy that includes metrology schools and training of African metrologists at other NMIs and at the BIPM. In this respect, AFRIMETS supports the proposed BIPM Visitor Programme (see Appendix C).

He commented that the impact of the CIPM MRA on the development of metrology systems in the developing world should not be underestimated. From the developing countries’ perspective, the creation and strengthening of the RMOs is arguably one of the biggest benefits and successes of the CIPM MRA. The CIPM MRA has also had a positive influence on the ‘marketing’ of metrology activities to governments in Africa. For example the Kenyan government approved funding for metrology in chemistry and biochemistry following a CIPM MRA workshop held in Kenya. The CIPM MRA has also had demonstrable effects on the harmonization of quality systems between different regions of the world. The CIPM MRA has greatly improved visibility to clients; in particular Appendix C of the KCDB has increased the visibility of the capabilities and services of the NMIs, both to laboratories and NMIs seeking calibration and to assessors conducting assessments.

He said that there are currently four Member States of the BIPM from Africa (Egypt, Kenya, South Africa and Tunisia) and seven Associate States of the CGPM (Botswana, Ghana, Mauritius, Namibia, Seychelles, Zambia and Zimbabwe). All of these States have institutes that have signed the CIPM MRA. There has been growth in the level of development of NMIs in Africa between 2007 and 2014 and the support received from the international community in terms of training and development of metrology experts was acknowledged.

Mr Mukhufhi made the following concluding remarks:

- The CIPM MRA has had a positive effect on the development of metrology in Africa.
- More training is needed in scientific metrology.
- Scientific metrology can assist the continent to move up the value chain: from importer to exporter.
- The assistance of the BIPM and other NMIs to assist with the development of metrologists in emerging economies is crucial.

He completed his talk by noting again that he welcomes the proposed Visitor Programme at the BIPM and trusts that other NMIs will also realize the benefit to emerging economies of the proposed Programme and hopes countries with a developed metrological infrastructure will recognize there is also value to them through strengthening the RMOs.

The President of the CGPM thanked Mr Mukhufhi and invited questions.

Dr Brandi (Brazil) noted that Latin America faces a similar situation to Africa. Within the Americas there are very large and active NMIs through to small national bureaus of weights and measures. He stressed the importance of SIM as an RMO in developing the metrology infrastructure in the Americas. He also took the opportunity to congratulate the BIPM and CIPM on the work done on the Work Programme and Strategy. He noted that the proposed Visitor Programme, if adopted, will have a significant impact in developing countries and this should be stressed to delegates from the developed world. The role of the BIPM and the RMOs in creating new leaders in metrology in institutes in developing countries should also be stressed. He urged delegates to agree to the proposed 2 % increase in the dotation to support the Visitor Programme as it will have a very significant impact in developing economies. He thanked Dr Mukhufhi for his presentation.

Ms Santo (Uruguay) thanked Dr Mukhufhi for the excellent presentation. She commented that the Strategic Plan for the BIPM is for all Member States but this should be extended to cover the whole world so that future Member States are taken into account. There are very few Member States in Africa and the situation in the Americas could also be improved. Increasing the number of Member States of the BIPM and signatories to the CIPM MRA from Africa and the Americas will improve and grow the economies in both regions. She emphasized the role of the RMOs in the world map of metrology and welcomed the fact that the opinions of the RMOs were taken into account during the development of the Strategic Plan for the BIPM.

27. Proposal for a BIPM Visitor Programme 2016 to 2019

Dr Milton gave a presentation on the proposed ‘BIPM Visitor Programme 2016 to 2019’ (see Appendix C). He began by stating that the aim of the Visitor Programme is to work with Member States that do not have a well-developed metrology infrastructure in order to strengthen the world-wide metrology infrastructure by building their necessary human and institutional components and also to underpin their national efforts towards the 2015 Millennium Development Goals (MDGs) and the Rio+20 Sustainable Development Goals. The challenge of building a world-wide metrology infrastructure was highlighted in the previous talk and comments from the floor underlined that the Metre Convention should embrace States that do not currently participate fully in the work of the BIPM. He recalled that the scope of the Metre Convention is the global comparability of measurements; the benefits are shared among the Member States but the reach is global.

The MDGs are a topic of discussion at the international level. There is concern among the major funding nations that progress towards them has not been as strong as was hoped. This is part of the reason that the Rio+20 Sustainable Development Goals have been reformulated. In order to measure progress towards the MDGs, a quality infrastructure based on measurements is needed to quantify that progress is being made with issues such as access to safe food, safe water and affordable pharmaceuticals.

The proposals in the Visitor Programme would be carried out by the BIPM in collaboration with the RMOs. The RMOs are well placed to identify visitors that are suitably qualified and who would benefit from the Visitor Programme as well as identifying which Member States and NMIs are most eligible and most likely to benefit.

The objectives of the proposed Visitor Programme are:

- To increase the number of NMIs capable of contributing strongly to the global metrology community, and in particular being able to contribute to the work of their RMOs.
- To increase awareness of the benefits of a well-developed global metrology infrastructure among international organizations that are concerned with developing global trade and quality infrastructure.
- To support Member States that are developing the human and institutional components of their metrology systems to support the MDGs and Sustainable Development Goals through the organization of a comparison of specific interest to the developing world (selected in consultation with the RMOs).

Increasing the number of NMIs capable of contributing strongly to the global metrology community would go some way towards addressing concerns that the largest NMIs bear the greatest load in the RMOs and the global system. The Visitor Programme would develop a greater pool of individuals and institutions across the whole membership that can contribute strongly. The programme will address these objectives through three types of activity:

- Establishing new opportunities for visiting staff to work at the BIPM from Member States that are currently developing their metrology infrastructure.
- Promoting the need for states to develop their metrology infrastructure through the training and ‘awareness building activities’ of the Network on Metrology, Accreditation and Standardization for Developing Countries (DCMAS).
- Organization of a comparison of specific relevance to the Millennium Development Goals (for example, a comparison relevant to basic healthcare or monitoring the environment).

Dr Milton described how the Visitor Programme would align with the BIPM mission. At the most fundamental level the BIPM’s mission is to ensure and promote the global comparability of measurements; the programme is specifically aimed at addressing this. It balances the way the BIPM would be able to support the membership of the BIPM from the largest Member States to the newest with emerging metrology systems. Resolution 5 adopted by the CGPM at its 24th meeting (2011) invited ‘the CIPM to consider further appropriate means by which intergovernmental organizations, in particular those from regions without well-developed metrology infrastructure can be involved in the work of the BIPM and to bring forward proposals to the next meeting of the CGPM on how this can best be achieved.’ The Visitor Programme addresses this and follows the principle of this invitation. He commented that future new Member States of the BIPM will have emerging metrology infrastructure; all of the States with mature metrology infrastructure are already members.

The impact of the proposed programme will be apparent in several different ways:

- NMIs that are developing their metrology infrastructure will benefit from sending staff to the BIPM on secondment. When such visitors return to their NMIs they will take with them the benefits of exposure to the operation of the world-wide metrology system experienced during their time at the BIPM.
- The RMOs will participate in the process of identifying the highest priority candidates to take part in the programme and will benefit from the stronger contribution that those individuals will be able to make to the RMO’s activities.

- The world-wide metrology infrastructure will benefit from access to an enlarged pool of scientific and technical staff leading to the work being shared on a more equitable cost-shared basis world-wide.

Dr Milton commented that the Visitor Programme would complement the practice of seconding scientists from leading NMIs. This is still a priority for the BIPM as a means of outreach, engagement and delivering extended activities within the BIPM Work Programme. The Visitor Programme as formulated would only be accessible to Member States and it compliments technical assistance programmes from the NMIs and UNIDO that are already in place.

He noted that there was an inconsistency between some of the figures in the 'BIPM Visitor Programme' document that was sent out in June 2014 and the 'Highlights' document that was sent in September 2014. The figures in the latest 'Highlights' document were based on the most up to date costing for the programme.

The President of the CGPM thanked Dr Milton and invited questions.

Dr Brandi (Brazil) stressed the importance of the Visitor Programme and its impact on the global metrology system and welcomed the proposed role of the RMOs and engagement with them contained in the programme. He also commented that the Metre Convention was established in 1875 and much has changed since that time and proposed that some thought should be given to including the RMOs in the Metre Convention. The BIPM cannot operate alone towards increasing its global reach; the NMIs have a role but the RMOs may be able to add to this governance process around the world. This could possibly be achieved by including the RMOs in the work of the Metre Convention, rather than just engaging with them through the CIPM MRA.

Ms Stokstad (Norway) commented that Norway was a founding member of the BIPM. One of the ideas in the Metre Convention was that there should be a well-developed metrology infrastructure throughout the world and the proposed programme would help fulfil this aim. She noted that although developed countries such as Norway would not gain assistance through the programme, such countries would benefit from the impact of the Visitor Programme, that is a more robust world-wide metrology system, and as such Norway supports it.

Dr Usuda (Japan) commented that the proposed Visitor Programme is complementary to other similar resources offered by organizations such as UNIDO and the RMOs. He urged the BIPM to seek support from other complementary programmes, for example from the OECD and the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) to assist with developing the metrological infrastructures in developing economies.

Dr Steele (Canada) commented that he appreciated the linking of an activity to a broader objective and that there is no question that coordination and international exposure is a benefit to small countries and laboratories, whether they are old or new. He was of the opinion that one of the things that needs to be considered is how to manage the costs. He picked up on the comments by Japan about the strategic importance of building alliances with organizations that have a mandate to help with the development and paying for the development. He noted that it is a 'live' issue and that many countries are willing but only a few are able to put development funds into their scientific programme; funds that are, generally speaking, the part of the 'pot' of national funding that contributes to the BIPM dotation. In the regions, one way this has been approached is through cost sharing. He commented that the first draft of the programme includes full cost coverage for the attendees and the participants in the Visitor Programme out of the BIPM budget. Implicating the RMOs could possibly involve them in cost-sharing mechanisms and this needs to be explored, possibly during the finance phase, rather than the philosophical phase. Dr Steele suggested exploring

creative ideas for the sustainability of the programme to see if there are other mechanisms to be explored. If the programme requires long-term development through a sustained programme of internships and visiting workers, this would require approximately € 1 million over the four year duration of the programme for living expenses for the attendees. He suggested that the BIPM should look at a longer-term solution, for example buying an apartment. These are the discussions to have to determine how to take a great concept and make it practicable for the budgets that the Member States have access to, other partner organizations and the longer-term liabilities that would be incurred by launching it. He suggested that there is much merit in discussing these issues.

Ms Santo (Uruguay) expressed her support for the proposed Visitor Programme noting that it would provide training opportunities for small, developing countries such as Uruguay. The programme should be carried out in coordination with the RMOs so as not to overlap any similar programmes, noting that there are training opportunities within SIM. She commented that the financial aspects of the programme need to be reviewed so that any possible savings can be made. However, she acknowledged that when the programme is looked at globally, money invested in the programme would be saved at the regional level. For example, countries that participate in the programme would eventually be able to pilot comparisons leading to more equitable sharing of costs in laboratories regionally.

Mr Énard (France) noted that he supports the proposed Visitor Programme and agreed that the RMOs should be included, but not through the Metre Convention, as suggested by Brazil, as this is not possible. He suggested that maybe the RMOs could be included more formally in a similar way to Associates of the CGPM. He also suggested that the visitors included in the programme should ideally stay at the BIPM for a minimum of 3 months, rather than the proposed 1.5 months, as the shorter period is insufficient to engage in the work of the BIPM.

Dr Liew (Singapore) noted that Singapore is a small country that has already benefitted from aid and help from many developed countries in the development of its economic capabilities. In Asia and particularly the ASEAN bloc, there is much work going on to build metrology capabilities. It is hoped that this will assist with boosting the livelihoods of people in the region through promoting trade. He commented that the Visitor Programme is a good idea but it needs to be clearly defined to differentiate it from development programmes in the RMOs. In some respects, regionally-run programmes can be closer to the needs of the members from these regions.

The Ukrainian delegation noted that they were speaking on behalf of Ukraine and COOMET in support of the proposed programme. They pointed out that the Visitor Programme would help to improve the metrology infrastructure in sub-regions such as the Caucasus and Central Asia.

Dr Robles Carbonell (Spain) noted that personally and on a scientific level he supported the Visitor Programme but went on to explain the economic situation in Spain. As a representative of the Spanish government he noted that Spain has suffered from a serious economic crisis over the last 5 years. The government has taken strong measures to reduce salaries and the number of posts. It has frozen staff levels in the Spanish NMI. The budget has been cut by 50 % and there is no money available for new equipment or salary increases. To maintain Spain's membership of the BIPM has taken more than two months of discussions between the NMI and the Spanish government. From a political point of view and in the national interest, the position of Spain is therefore not to support the Visitor Programme. He noted that if there is general support from other Member States for the programme, Spain will abstain from the vote.

Dr Inglis, President of the CIPM, commented that there have been a number of references to the relationship between the BIPM and the RMOs. From a CIPM point of view he emphasized how seriously it takes the relationship with the RMOs. The CIPM tries to have a presence at each RMO

general assembly and it attempts to ensure that there is a balance in the CIPM of representation from the RMOs. The CIPM is constantly striving to see how it can make this relationship more effective.

28. 'On the Pension and Provident Fund of the BIPM' (Draft Resolution C)

Dr Bock (Switzerland), a member of the CIPM Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance, presented Draft Resolution C 'On the Pension and Provident Fund of the BIPM' on behalf of the CIPM.

The Member States have always taken their responsibility to the BIPM very seriously. In 1901 a decision was passed that established a pension and provident fund for the staff of the BIPM. Today, the financial situation of the fund is difficult. If the BIPM were to close today there would be a liability of € 56 million until the last beneficiary of the pension fund has died. The relevant indicators show that we cannot wait and do nothing while the situation worsens. Resolution 10 of the 24th CGPM meeting (2011) covered the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM, and also addressed the pension liability.

Dr Bock spoke about the work of the Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance and what it has achieved. The BIPM's pension system is mandatory for all employees of the BIPM and also for the BIPM in its role as an employer. It is a defined benefits scheme rather than a defined contribution scheme. The pension is based on parameters such as the number of years of service and the final salary prior to retirement. Such schemes are usually found in the public sector and also in international organizations. The assets of the pension fund are not at the discretion of the CIPM or the Director of the BIPM. They are a special class of assets, but if the fund was insufficient to cover the liabilities, the BIPM would have to pay the difference which would then come out of the dotation. The liabilities are calculated regularly by a professional actuary.

Projections show that if no action is taken the fund will run out of funds around 2039. After that date, funds from the normal BIPM budget would have to be used increasingly to pay for the pensions. This would result in the work programme having to be reduced to pay the pension liabilities. The current system is a pay-as-you-go system; money paid by current staff and the BIPM is used to pay pensions.

Uncertainties for the future include the development of longevity, trends in the retirement age (legal age or the date people decide to retire) and volatility in the financial markets (including returns and risks). Constraints on the fund include the social contract between the BIPM and its staff. The Director is responsible for explaining the situation to the staff and must be prepared to negotiate.

There are two types of action that can be taken: benefits can be reduced or contributions can be increased. There are some boundary conditions: the BIPM should remain a metrology organization; it should not become an international pension fund with some metrological activities. The balance sheet of the BIPM shows a value of € 49 million for the metrological activities whereas the pension fund has a value of € 72 million. Any attempts to address the pension fund problems must be politically acceptable and must allow the BIPM to continue to attract and retain competent and motivated staff. All legal and litigation risk should be minimized and the interests of all beneficiaries should be taken into account.

He commented that if no changes were made to the pension and provident fund, but an extra € 500 K were paid into the fund annually, the situation would stabilize. The Sub-Committee has discussed

many possible scenarios for the pension and provident fund. For example if staff contributions were raised to 12 % and there was an annual cash injection of € 150 K into the pension and provident fund, it would still run out of money in 2048. It was clear from the scenarios considered that other measures are needed to stabilize the system. The Sub-Committee has concluded that a mix of solutions is required such as an increase in contributions, an increase in the retirement age and cash injections. Changing the investment strategy alone would have little effect. The possibility of moving from a defined benefit to a defined contribution scheme is also being investigated. Another option would be to move to a defined contribution scheme for all new staff. These options are still under consideration by the CIPM and the Sub-Committee.

In conclusion, immediate action is needed. If the BIPM pension scheme is to be maintained in a viable state as a pay-as-you-go system for the foreseeable future, then a combination of several measures will be needed. The Sub-Committee has discussed scenarios in which two-thirds of the cash injections come from staff and one-third from the BIPM. To do nothing is unacceptable. Non-replacement of staff has been considered and in this respect, the BIPM's plans that foresee a small reduction in staff have already been taken into account. Outsourcing the pension scheme to a private insurance company would be too costly as an insurance company would not be prepared to take the necessary risks. An immediate move to a defined contribution scheme for all staff would not help and riskier investments would not solve the problem.

Dr Bock presented the text of Draft Resolution C, the full text of which is available in the *Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)* (see Appendix A).

He commented that if Draft Resolution C is adopted the next step would be to implement the resolution. This would require changes to some of the BIPM's internal legal documents. These changes have been discussed. A new Board would be established to advise the CIPM on any forthcoming changes.

The President of the CGPM thanked Dr Bock and invited questions.

Mr Brown (USA) noted that the USA and Canada have proposed some changes to the text of Draft Resolution C. These changes have been supplied to the Secretary.

29. 'Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019' (Draft Resolution D)

Dr Bowsher (UK), the Chair of the CIPM Sub-Committee on Finance, presented Draft Resolution D 'Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019' on behalf of the CIPM. He began by setting the context for the discussions. In 2011, the situation at the 24th CGPM meeting was very different to today. At the time, many Member States and NMI Directors were concerned that the BIPM and the CIPM were not fully listening to their concerns. There was an impression that there was a lack of strategic direction for the BIPM, with little sense of its role with regard to the RMOs and the individual NMIs. There was a lack of certainty on cost control and the BIPM's internal governance required review. The 2011 dotation request was not grounded in the economic realities facing many Member States. Returning to today, as has been reflected in the comments of delegates at this conference, there has been a significant transformation. The BIPM is now a much more responsive organization that generally embraces feedback. This change reflects the efforts of many people. Dr Bowsher particularly singled out the impact of the new Director of the BIPM, Dr Milton, for

providing clear strategic leadership that responds very well to the views of the Member States. There are now clear strategies for the BIPM and the Consultative Committees. The BIPM also has much better cost control in areas such as operations, buildings and equipment and staff costs. In addition, there have been significant improvements to the governance and transparency of the BIPM.

The dotation request that is to be put forward is built on strategy, demonstrated efficiencies and a very clear added value for the Member States. The improved governance of the BIPM has been critical in the development of the dotation proposal. Central to this is the CIPM Sub-Committee on Finance. Dr Bowsher paid tribute to his colleagues on the Sub-Committee (Dr Kim Carneiro, Dr Yuning Duan and Dr Jim McLaren) that was established in 2012. He also acknowledged the significant contributions of Dr Milton and Ms Isabelle Andernack, the BIPM Accountancy Administrator, and highlighted the work of the BIPM Finance team that has meticulously reviewed the historic accounts and has fully adopted and embraced accrual accounting. The value of this work has been proven with the accounts being accepted by the independent auditor without any qualifications for the first time.

The accrual accounting approach has been implemented in full and the revenue streams have shown a steady decline since the removal of voluntary contributions in 2013. This has been partly compensated for by the doubling of the minimum subscription for the Associates since 2013. There has been rigorous cost control, including staff costs and the strategic approach to the planning of building maintenance. Expenses have been reduced and in 2012 a number of assets were written off resulting in an extraordinary item in the accounts. The balance sheet shows that for the first time since accrual accounting was adopted, the BIPM has made a small surplus. A key part of the financial position is the pension and provident fund. Dr Bowsher recalled the various scenarios for the pension and provident fund and noted that the proposals reflect a combination of contributions from the BIPM of one-third and two-thirds from staff.

To summarize the financial highlights since the 24th CGPM meeting, accrual accounting has been fully adopted, representing a cultural shift as well as a financial shift and the BIPM has a 'clean' audit report for the first time. The CIPM Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance has made significant progress and has made proposals to stabilize the pension and provident fund for the long term, although some work remains to be done.

The starting point for the calculation of the dotation for the years 2016 to 2019 was the 2015 level of € 11 810 000 as agreed at the 24th CGPM meeting. In addition, the contributions of about € 170 000 from the three Member States that have acceded since 2011 [the Republic of Tunisia, the Republic of Colombia and the Republic of Iraq] have been added. The importance of the pension scheme has been explained by Dr Bock and in essence this will require additional payments. These have been included in all three scenarios shown in the document *'Highlights of progress made since the 24th CGPM meeting (2011) and Notes supporting the proposed dotation 2016-2019'*.

Governments naturally require that efficiencies are made. All of the dotation requests and scenarios include allowances for the impact of inflation and provide an additional € 150 K each year for the pension and provident fund. This is the starting point for the dotation proposals. It should be emphasized that in the later discussions about the dotation, the proposed Work Programme is being requested without any increase in contribution from the Member States. The principles for the BIPM Visitor Programme have been outlined and the proposed scenarios include a number of options to deliver different parts of the Visitor Programme, including a 2 % increase that would facilitate delivery of the full programme as presented or 1.25 % that would facilitate delivery of parts of the programme.

Dr Bowsher briefly presented the three proposed scenarios for the dotation. Scenario 3 represents a 0 % increase that would sustain a flat position allowing core programmes to be addressed, savings to be realized and the pension to be addressed but it would not support the proposed Visitor Programme. Scenario 1 is for a 2 % increase in the BIPM dotation that would enable the BIPM to initiate the new Visitor Programme in full and to deliver the proposed Work Programme. Scenario 2 is an intermediate proposal requiring a 1.25 % increase.

Dr Bowsher finished by noting that more information is available in Draft Resolution D and there will be more discussion on this subject at the Working Group on the BIPM Dotation. The full text of Draft Resolution D is available in the *Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)* (see Appendix A).

The President of the CGPM thanked Dr Bowsher and invited questions.

The French delegation proposed that a specific reference should be made in Draft Resolution D to Resolution 7 (1979) adopted by the CGPM at its 16th meeting which established a principle for the determination of the base dotation. Dr Milton noted that this is possible.

The President closed the third session.

Fourth session – 19 November 2014 (afternoon)

The President of the CGPM welcomed the delegates back and opened the fourth session.

30. ‘On the election of the International Committee for Weights and Measures’ (Draft Resolution B)

Dr May (USA) presented Draft Resolution B ‘On the election of the International Committee for Weights and Measures’ on behalf of the CIPM *ad hoc* Working Group on Membership. The full text of Draft Resolution B is available in the *Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)* (see Appendix A). He noted that in the past, the process by which the CIPM selected and elected members was not totally open and transparent. This resulted in indefinite terms for members of the CIPM.

Dr May commented that delegates should consider the proposal that beginning with this meeting, CIPM members will be elected to fixed and renewable terms. These terms will begin at the first CIPM meeting to take place no later than six months after the CGPM at which the members are elected. In this case, the members that are elected at the 25th CGPM meeting will take office in March 2015. They will remain in these positions until the first CIPM meeting following the 26th CGPM meeting. It is proposed that a ‘Committee for CIPM Election’ be set up to work with the CIPM on behalf of the CGPM to assist with the election. It is recommended that the size of the committee indicated in Draft Resolution B be increased and the rationale for this will be explained by Dr Kaarls in his presentation on the process to elect the ‘Committee for CIPM Election’. Dr May invited the Member States to participate actively in this process.

At the 24th CGPM meeting (2011) concerns were expressed about BIPM governance and whether the CIPM was exercising its responsibility as rigorously as it should. There were also concerns about strategic planning and transparency of the BIPM. Therefore, the CGPM adopted Resolution 10 (2011) ‘On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM’. This resolution invited the CIPM to establish an *ad hoc* Working Group, composed of representatives of the Member States and the President and Secretary of the CIPM, and charged it with conducting a review of the role, mission, objectives, long-term financial stability, strategic direction and governance of the BIPM. The *ad hoc* Working Group met in March 2012 and presented its findings at a meeting of NMI Directors and State Representatives in October 2012. The CIPM was then asked to formulate and propose actions based on the findings and to implement any actions within its control as quickly as possible. One of the outcomes was that the CIPM established an *ad hoc* Working Group on CIPM Membership and asked it to propose new general, as well as personal qualifications, criteria and a process for the election of CIPM members. It will also propose new scientific and personal qualifications criteria and terms of appointment for Consultative Committee Presidents.

At Session I of the 101st meeting of the CIPM (June 2012), the CIPM *ad hoc* Working Group on Membership was set up. This group established its Terms of Reference that were presented and adopted at Session II of the 101st meeting in October 2012. The group made rapid progress and by mid-November a draft of the document was distributed to the full CIPM for comment. Revisions were made in response to feedback and the revised document was sent to the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM at the end of December 2012. Comments from the *ad hoc* Working Group were incorporated into the document by the CIPM bureau before being sent for further comment by the CIPM, the NMI Directors and Representatives of Member States in late March 2013. The CIPM made final changes to the document at its meeting in October 2013 before it was posted on the BIPM website.

Dr May presented the document ‘Criteria and Process for Election of CIPM Members’, highlighting the salient changes. Beginning with this CGPM meeting, CIPM members will be elected to a fixed term that begins at the latest six months following their election and then finishes at the latest six months after the next CGPM meeting. In order for this to take place, all current CIPM members have resigned their membership. Existing CIPM members can be re-elected following the same nomination and selection process as new members. At every CGPM meeting, there will be full elections for the entire CIPM and the document includes a process for filling vacancies that may arise between CGPM meetings.

The document ‘Criteria and Process for Election of CIPM Members’ has four sections:

- Section A lists the issues that will be considered when selecting members for the CIPM in order to ensure that it can operate effectively as a body.
- Section B lists the personal attributes and qualifications required for members of the CIPM.
- Section C describes the operation and governance of the ‘Committee for CIPM Election’.
- Section D describes the process used for election of members to the CIPM. It covers the process used to elect 18 members at a CGPM as well as the process used to fill vacancies that may arise in the period between CGPMs.

Dr May went through Sections A and B of the document, listing the main points. He noted that Dr Kaarls would cover Sections C and D in the next presentation and suggested that any questions and concerns should be addressed following his presentation.

The President of the CGPM thanked Dr May.

31. A proposal for a process to elect the ‘Committee for CIPM Election’

Dr Kaarls followed on from Dr May’s presentation on Draft Resolution B ‘On the election of the International Committee for Weights and Measures’ by elaborating on the process to elect the ‘Committee for CIPM Election’. He noted that the working procedure for the Committee for CIPM Election is described in the document ‘Criteria and Process for Election of CIPM Members’ and is referenced in Draft Resolution B. He read out the relevant sections of Draft Resolution B as shown in the Convocation (see Appendix A).

Dr Kaarls commented that the number of representatives of Member States on the committee remains to be discussed and that the proposed committee replaces the CIPM *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM, which had been involved in the preparation of a “slate” or list of 18 recommended CIPM candidates for election at this meeting.

The Committee for CIPM Election (CEC) will deal with the process for the election of the CIPM in compliance with the document ‘Criteria and Process for Election of CIPM Members’ as follows:

- a) Prior to a CGPM meeting the CEC will review and consider the package provided by the CIPM containing the list of all nominated candidates and their supporting documentation, the list of candidates for CIPM membership, assessed as qualified by the CIPM, and the CIPM’s list of 18 recommended candidates.

This procedure has been followed and Dr Weritz will explain further in the fifth session of the meeting (see §39).

Another task for the CEC is that at least one month before a CGPM meeting and congruent with the approved criteria for CIPM membership, it will submit to the Member States a slate of 18 candidates for CIPM membership along with a list of all candidates still wishing to be considered for election and assessed as qualified.

The CIPM will duly consult the CEC for all provisional elections to the CIPM in the interval between meetings of the CGPM, as well as in all preparations for the election of the CIPM at each meeting of the CGPM.

- b) For provisional elections to fill any vacancies that arise between meetings of the CGPM, i.e. when a vacancy arises well ahead of a CGPM meeting, the CEC will be notified by the CIPM President immediately following any resignation(s) from the CIPM. The CEC will then review the candidates recommended by the CIPM to fill any vacancies against those in the list of qualified candidates from the previous election cycle, and any new candidates for who nomination packages are relayed to it by the CIPM and formulate a recommendation to the CIPM for decision at its next meeting.

The nomination packages shall be drafted in English; nominations packages in French will be accepted as well. They shall include a concise CV of the candidate and a list of relevant publications and any other relevant documentation supporting the candidacy with regard to the various aggregate and individual criteria, including a letter of support from their government. Any

nominee can withdraw from the list at any time. The CEC may request the CIPM to deliver further information to complete a nomination package. Any information transmitted in the context of the present procedure shall be confidential.

Dr Kaarls explained the working procedure proposed for the Committee for CIPM Election. The CEC shall work in English. The CEC chair will conduct debates within the CEC with a view to building consensus, if consensus is not possible, the CEC will take a decision via the majority of its members. The secretariat functions of the CEC will be carried out by the Secretary of the CIPM and the BIPM. It will ensure that all communications and documentation are duly relayed and all relevant information is duly and timely transmitted. If a conflict of interest arises, the CEC member concerned shall immediately notify the CEC chair in copy to the CIPM President. In such cases, the CEC will consider the most appropriate process. A conflict could arise if a CEC Member proposes themselves as a candidate for CIPM Membership. The CEC will adopt its own operating rules. The CEC and the CIPM will regularly exchange relevant information, views and opinions. The CEC will give an annual report to the CIPM on any substantial or procedural issues, along with any suggestions for improvements. The CIPM will in turn, at their meetings with NMI Directors and Member State Representatives, inform them of any issues.

Dr Kaarls proposed that the CEC should consist of nine members rather than the previously suggested seven. This increase would make it easier to achieve representation from Member States with maximum, intermediary and minimum contributions, properly balanced to represent all regions. The CEC will also include the CIPM President and the CIPM Secretary. Before each CGPM meeting the CIPM will prepare, in consultation with the CEC, a list of candidates to the CEC proposed by the Member States for election at the next CGPM meeting. At each meeting, the CGPM will elect, by secret ballot, and simple majority, nine members who will serve on the CEC for a term that will run until the day following the election of the next CEC. To provide continuity, CEC members representing the Member States are eligible for re-election. Upon receipt of the list of candidates for CEC membership, Member States are free to agree with the proposed list of candidates or name other candidates, and allow timely circulation of relevant information to other Member States. The CEC will be chaired by a member representing the Member States elected by simple majority by all CEC members. If a member of the CEC resigns before the next CGPM meeting, he or she may propose a substitute from their own organization for the remaining sitting period of the CEC. The CEC will decide whether to admit the substitute.

A draft working procedure for the CEC has been discussed with the CIPM *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM, and they agreed with the principles. After their election by the CGPM the CEC will complete a working procedure and agree its definitive version. Therefore, it is proposed to amend Draft Resolution B as it states that the Committee for CIPM Election will operate in conformity with a procedure to be adopted by the CGPM. This responsibility will fall upon the CEC itself.

Experience with developing the list for the CEC has shown that it is difficult to have a balanced representation from all regions if there are only seven members of the committee. It was therefore proposed that the CEC should be composed of nine members and to amend accordingly Draft Resolution B. The CIPM also received a suggestion from the Netherlands to specify more clearly in Draft Resolution B that the CEC is composed of nine representatives, each from a different Member State and one per Member State.

The President of the CGPM thanked Dr Kaarls and invited questions.

Dr May asked Dr Kaarls for additional details of the process that the CIPM used to identify the list of 18 candidates that was sent to the CIPM *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives,

Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM. Dr Kaarls commented that all Member States and NMI Directors were asked for names of potential candidates in January 2014 and this had been followed up by a second call in April 2014. By the middle of 2014 the names of 28 candidates had been received. Five of these were not supported by sufficient documentation or were withdrawn during the process, finally resulting in a list of 23 candidates. This list was assessed by the CIPM to produce a list of 18 candidates recommended by the CIPM, which was sent to the CIPM *ad hoc* Working Group to make a final decision and proposal to the CGPM. This will be presented by Dr Weritz on Thursday 20 November.

Dr Robles Carbonell (Spain) commented that the delegates at the CGPM are representatives of their States not the RMOs and it should be made clear in the rules for the CEC that representatives should be from different States. He expressed a concern that in the presentation it appeared as if each candidate represented an RMO. Dr Kaarls replied that in his presentation both the State and the corresponding RMO were indicated for each candidate for CEC membership for the sake of convenience, allowing easy determination of the global distribution of the candidates.

Ms van Spronssen (the Netherlands) commented that the criteria for CIPM members appear to place more emphasis on scientific expertise than on financial management skills. She added that financial management expertise is important for the committee and that these skills should be emphasized in a candidate's CV. Dr May replied that knowledge of business and finance is one of the attributes considered desirable for CIPM membership but no weighting was put on this. The idea was that each candidate should have some of these attributes and when the suggested list of 18 candidates was developed, the rationale was that there would be several candidates that had very strong expertise in each area so that they could function as a team to carry out their responsibilities. This was the basis used for putting together the best team and not necessarily the best 18 individuals.

Dr Kaarls commented that in the future he hopes that there will be more candidates for CIPM membership. In the current exercise there were only 23 proposals for 18 vacancies. He noted that active participation in the process of proposing candidates is essential. Dr May added that to aid in this process, the CIPM has decided to work with the regions to identify and bring viable candidates to the CIPM between meetings of the CGPM. The regions will be continuously canvassed for additional candidates.

Dr Holmes (UK) commented that it would be beneficial to have more candidates for the CIPM in the future. However, he was happy that there remain more than 18 candidates for election at the point of the CGPM. If the CEC works well, one would expect its recommendations probably to be accepted at the next CGPM meeting, but if that becomes a habit, the election at the CGPM meeting could become nothing more than a formality. He hopes that those that put themselves forward for election, but are not recommended, would keep their name on the ballot paper. Dr May replied that an open election is preferred. However, he reminded the CGPM that the CIPM and the CEC have put a lot of work into presenting the list of 18 preferred candidates that collectively cover all of the attributes needed to carry out the work of the CIPM as effectively as possible. Without this recommendation a critical capability that might be needed amongst the CIPM may be unknowingly missed.

Dr Frøystein (Norway) congratulated the CIPM on the significant developments in the CIPM election process. He commented that it was a major step forward. Norway presented some proposals to the NMI Director's meeting one year ago and these have been considered by the CIPM. These proposals would go a stage further than the process that has been outlined and he commented that he is happy that the Norwegian suggestions may be considered for implementation after the new election process has been implemented.

The President of the CGPM thanked Dr Kaarls and Dr May and closed the fourth session.

Fifth session – 20 November 2014 (morning)

The President of the CGPM welcomed the delegates to the fifth session on Thursday 20 November and handed over to Dr Inglis.

32. Report on the Working Group on the BIPM dotation

Dr Inglis, Chairman of the Working Group on the BIPM dotation, presented a short report on the discussions held on Wednesday 19 November. He set the background by noting that in the interests of reducing the duration of the CGPM meeting to three days it had been decided to hold an informal preparatory meeting on the Dotation of the BIPM on Monday 17 November. Delegations from nineteen Member States were represented at the informal meeting where various issues were discussed ahead of the official meeting. Twenty Member States were represented at the Working Group on the BIPM dotation, which was held on Wednesday 19 November.

Despite significant support for Scenario 1 and some support for Scenario 2, the conclusion of the Working Group was that there was agreement on Scenario 3 which offered no increase in the dotation during the four years of the programme. Several delegations were completely constrained to Scenario 3. Within the Working Group it was agreed that the Visitor Programme is worthwhile and should be supported if possible, but there had not been enough support to allow it to be funded from the dotation. Nevertheless, several NMIs indicated that they would be willing to contribute to the Visitor Programme separately to the dotation with funding and in-kind support. With this support it may be possible to establish the programme on a trial basis for three to four years and then to report back to the next CGPM meeting with some feedback on the success of the programme. He noted that realistically this approach can only support some elements of the Visitor Programme, but at least it is something that can be done to support developing economies.

In summary, the Working Group recommended no increase in the dotation and a ‘cut-down’ version of the Visitor Programme, based on contributions from individual NMIs in cash or in-kind. The vote on the dotation will take place in session six.

The President of the CGPM thanked Dr Inglis.

33. ‘Stable and accurate measurements to quantify the causes of global climate change’ Dr Butler, NOAA

Dr James Butler, Director of Global Monitoring at the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Earth System Research Laboratory, Boulder, USA, gave a talk entitled ‘Stable and accurate measurements to quantify the causes of global climate change’. He began by commenting that humankind is facing one of its greatest challenges from the impacts of climate change and unless society decides to do something to mitigate climate change we are in for a ‘rough

ride'. He commented that at some point he expects mitigation to happen and scientists are trying to ensure that a framework is in place that will be useful for society to make decisions in the future. The requirement is for extremely good and compatible measurements. Traceability of measurements is important but compatibility is extremely important.

He commented that he represents the largest greenhouse gas (GHG) monitoring network in the USA and noted that this constitutes a significant part of the WMO's larger network. The WMO tries to ensure that the quality control is in place to facilitate compatibility but there are challenges.

Dr Butler stated that GHGs affect the radiative forcing of the atmosphere, with major contributions coming from five to six gases. To this end, the Greenhouse Gas Index has been developed that calculates the radiative forcing from each gas and adds them together. The total radiative forcing is normalized to 1990, the target year for the Kyoto Protocol. When the normalized radiative forcing from the long-lived GHGs is calculated for 2013 it gives an Annual Greenhouse Gas Index (AGGI) of 1.34, which means that the radiative forcing of the long-lived GHGs has risen by 34 % between 1990 and 2013. He noted that this is an indicator of failure. It is very important to have this measure so that in the future, decisions can be made to change the situation. The AGGI also shows how much change occurs year-to-year and which gases are the most responsible for climate change. In the last decade, increases in atmospheric carbon dioxide have accounted for 84 % of the change in radiative forcing. The AGGI shows that although there has been a decrease in radiative forcing due to CFCs, this decrease has been offset by the increase in other minor gases.

Dr Butler remarked that from a monitoring perspective it is possible to report global information very well. Global averages are robust and highly certain. They are based on more than 40 marine boundary layer sites that are not influenced by local activities; measurements are all made in the same laboratory and calibrations are traceable to WMO World Standards. Robust information for 'policy-relevant scales' is different, apart from global policy. This is at sub-continental scales, where policy makers concerned with GHG emissions want to know which mitigation methods work and which do not. Inventories can be used to monitor emissions but their accuracies need to be verified. This approach is not suitable for monitoring natural emissions of GHGs where the human influence is difficult to measure and quantify. Measurements from the atmosphere are more useful in these situations. To obtain these regional-level measurements requires more observations, better analysis and improved modelling. Such measurements also need to be globally coherent since any bias in these measurements disrupts the global picture. These analyses are carried out using global models and the measurements need to be globally coherent even if they are focusing on a particular region. Efforts are made to reduce biases including making many observations, ensuring consistent calibrations over time and consistent measurements among monitoring sites. The WMO achieves consistency through Scientific Advisory Groups, Quality Control Centres and Expert Groups. These groups review the general requirements for the Central Calibration Laboratories and the World Calibration Centres. They also develop the general requirements for the measurement laboratories. Specific requirements are set for GHGs, isotopes and other tracers. *In situ* measurements are compared to those made remotely and emerging instrumentation is reviewed.

He commented that the WMO sets Data Quality Objectives (DQOs) that are qualitative and quantitative statements that clarify the objectives of observations, define the appropriate type of data and specify tolerable levels of uncertainty in terms of repeatability, reproducibility and calibration transfer. These DQOs are used in setting the Network Compatibility Goal which is a scientifically desirable level of compatibility for well-mixed background air. For example the aim is for every monitoring site around the world to have a compatibility goal for carbon dioxide of 0.1 $\mu\text{mol/mol}$. For areas that experience larger changes in carbon dioxide, the extended compatibility goal is 0.2 $\mu\text{mol/mol}$, but achieving these goals is challenging. The compatibility goal is a measure of how

good compatibility should be in the field and the aim for measurement standards would be to achieve a standard uncertainty in their values that is four-times better than this. This level has not yet been achieved, which is why the WMO requires traceability to one set of primary standards within its measurement network. At NOAA, USA, primary standards are produced using real air from free tropospheric air collected high in the Rocky Mountains. This is used to produce secondary standards and then tertiary standards. The tertiary standards are sent out to sites around the world as well as being used in the laboratory. The primary standards are preserved for a long time, allowing the production of further secondary standards.

Dr Butler postulated that the future challenge is how to inform society at a smaller, more local scale. It is anticipated that there will be other laboratories that will produce standards but it is important that these are regularly compared with the standards made at NOAA, since NOAA maintains the world calibration scale. This scale could be propagated through regional hubs. The idea is to develop world calibration centres that will make their own standards and then distribute them. These world calibration centres would carry out all of the quality control comparisons for each zone, such as comparing for drift. This would be a labour intensive effort, involving the transport of many cylinders and it would require regionally located networks. The existing networks consist of: NOAA; the WMO Global Atmosphere Watch Programme; the Integrated Carbon Observation system (ICOS) in Europe which is investigating atmospheric gases in great detail; the Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE) which is funded by the National Aeronautics and Space Administration (NASA) to look into halocarbons, nitrous oxide and methane; and the Total Carbon Column Observing Network (TCCON) which is an emerging remote sensing system funded mainly by NASA. TCCON will be used to validate satellites after it has itself been validated. There are other coordinating networks emerging around the world.

Dr Butler concluded his presentation by noting that the challenge is that compatibility goals are not being achieved in some places, and that making more high-quality standards available that are traceable to the WMO scale with reduced uncertainties would be one action to help improve the situation. In addition, he encouraged the development of new instrumentation that was affordable, portable and stable to measure GHGs accurately.

The President of the CGPM thanked Dr Butler and invited questions.

Prof. Inguscio (Italy) asked why it is important to monitor isotopes when monitoring gases, in particular ^{14}C in carbon dioxide. Dr Butler replied that carbon dioxide in the atmosphere is emitted from fossil fuels, soils and oceans. It is taken up by plants and other carbon sinks, so exchange is occurring in many places. Atmospheric carbon dioxide is derived from all these sources and the challenge is to understand this complex system. One thing that is known for certain is that ^{14}C is produced in the stratosphere. This works its way down into the atmosphere and there had been a long-term steady state of ^{14}C in the atmosphere. Now, mankind is disturbing this steady state. Burning of fossil fuels emits carbon dioxide that does not contain ^{14}C . This is because ^{14}C only has a 5000 year lifetime and the carbon in fossil fuels has been locked up for significantly longer. This results in a decrease in the amount of ^{14}C in the atmosphere. This can be measured globally, but it is necessary to measure it at a regional level to determine where ^{14}C is dropping rapidly in particular air masses, which indicates that the burning of fossil fuels is the source of changing carbon dioxide levels in such areas.

Prof. Brandi (Brazil) asked about the compatibility of ‘top down’ [atmospheric] and ‘bottom up’ [inventory] measurements, in particular the compatibility of measurements and inventories. Dr Butler commented that inventories showed significant errors for chlorofluorocarbons in the 1970s and 1980s. Thirty years ago the effective measurement of sulphur hexafluoride levels in the atmosphere started and this showed a trend towards rapidly increasing levels. At the same time, inventories

showed that sulphur hexafluoride levels were stable. Sulphur hexafluoride has a lifetime of 5000 years in the atmosphere; the atmospheric monitoring was therefore a more robust measure of the amount of sulphur hexafluoride that has gone into the atmosphere. This kind of feedback to inventories is needed for the other GHGs and a requirement for stable and accurate measurements to quantify the causes of climate change.

Ms Santo (Uruguay) commented that primary standards are only kept at NOAA and secondary and tertiary standards are produced from the primary standards. She asked for confirmation of how long the primary standards are kept and how the stability of the primary standards is monitored during this time. Dr Butler replied that NOAA does not use a single standard *per se* as the standard; it uses a number of gases, possibly 15 cylinders, to define a curve. There are at least two other scales world-wide that are used for comparisons with the NOAA scale. One scale is in Japan and is based on gravimetric standards for carbon dioxide compared to manometric standards used at NOAA. The other standards at NOAA are gravimetric. The original scale maintained at the Scripps Institute of Oceanography, which is also manometric, is still available and is also used for comparison. NOAA holds the world calibration scale because it has the role of using the standards to propagate the secondary scales from which tertiary standards are made and distributed around the world. The tertiary standards are sent from NOAA, the Central Calibration Laboratory, to the World Calibration Centres.

Dr Zvizdic (Croatia) asked Dr Butler to explain how traceability to the SI was achieved and the way that the SI meets the requirements for stable and accurate measurements to quantify the causes of climate change. Dr Butler noted that NOAA has regularly compared its balances, as well as its temperature, pressure and mass scales to NIST standards. NIST is responsible for traceability and plans have been put in place to organize direct comparisons between NOAA and NIST. In 2010 the WMO signed the CIPM MRA and the goal is for it to take part in key comparisons. The aim is to be consistent and traceable to the NMIs. Dr Wielgosz (BIPM) added that a strong collaboration existed between the WMO, the BIPM and the NMIs before the signing of the CIPM MRA, stretching back to the 1990s. In 2003, NOAA had participated in the CCQM-P41 study on methane in air standards, which had demonstrated that the WMO scale at that time (CMDL83) did show a 1.5 % difference to the reference value. NOAA replaced its methane scale in 2004 (NOAA-04), which was adopted as the new WMO scale, and the recent key comparison, CCQM-K82, of methane in air standards coordinated by the BIPM and the NIST in 2012, had demonstrated much better agreement between the key comparison reference value and the WMO scale values. The new comparison had also demonstrated that uncertainties on primary methane in air standards were approaching the compatibility goals mentioned earlier in Dr Butler's talk.

Dr Milton (BIPM) commented that Dr Butler had described the excellent work that has been going on for decades to put standards for global networks in place. He asked if Dr Butler could comment on the explosion of monitoring at the local level, particularly triggered by the cavity ring-down instruments that are now available bringing many more organizations into the field of carbon dioxide monitoring and how to maintain a standards base that keeps all of these new sources of data compatible globally. Dr Butler replied that the introduction of cavity ring-down technology was a huge step forward for carbon dioxide monitoring compared to the non-dispersive infra-red instruments. However, the long-term stability of cavity ring-down instruments is unknown and there are still some development issues that remain to be solved. The monitoring community is feeding information back to the instrument manufacturers to help with improvements and to make them more robust. The data from cavity ring-down instruments is good and stable but they do require calibration.

The President of the CGPM thanked Dr Butler.

34. ‘The Global Context of Food Safety’ Ms Doherty, USTR

Ms Julia Doherty, Senior Director, Sanitary and Phytosanitary (SPS) and Agricultural Affairs, in the Office of the US Trade Representative (USTR), USA, gave a talk entitled ‘The global context of food safety’. She commented that the presentation would be a case study with respect to the importance of a coherent system of units for innovation, international trade and improving quality of life with respect to food safety. The presentation will set out some ideas with respect to policy and market drivers related to food safety and how these are supported by global trading rules. It will then cover trade problems with respect to unnecessary obstacles to trade and how to work together to achieve shared objectives related to food safety.

She began by presenting the market and policy drivers to illustrate what policy makers are striving to achieve in the coming decades. At the World Food Summit (1996) the following statement was made “*Food security exists when all people, at all times, have physical and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life.*” Before this statement, the concept of food security was mainly at a national level, including self-sufficiency in food production. This statement changed the context of how food security is considered and it is also important in terms of international trade to meet food security. Food safety is a critical element in the statement in ensuring that people avoid hunger.

Ms Doherty recalled that future challenges were summarized by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in 2012 when it stated that “*The world needs to produce at least 50 % more food to feed 9 billion people by 2050.*” She noted that climate change adds an extra dimension to the challenge of agricultural production to feed the growing population. Along with population growth, incomes are also increasing, resulting in a change in the profile of dietary preferences, particularly in terms of protein-heavy diets.

She posed the question of how the trade sector considers these challenges and how it can contribute to the policy direction and needs in the future. The trade sector knows that agricultural productivity is enhanced with the integration of new producers, including those from developing countries, into global value chains, effectively creating world production lines for food. This has a positive effect on reducing poverty, but from the food safety perspective this adds many challenges. The WTO World Trade Report 2014 looked at how trade in food has been changing. It noted that “*an important phenomenon of the past 50 years has been that the share of raw traditional agricultural exports in global agricultural exports has declined significantly, implying that the weight of high value-added agricultural trade has increased ... Processed agricultural products now represent over 60 % of total exports of agricultural goods.*” In 2013 the WTO noted that “*in terms of value, exports of agricultural products nearly tripled between 2000 and 2012. In volume terms, exports increased by around 60 % over the same period.*”

Ms Doherty commented that from a food safety perspective it is important to consider how to ensure food safety in relation to the very complex system of inputs into any given final food product. Governments and companies are looking into preventive approaches to food safety, for example with the passing of the Food Safety Modernization Act (FSMA) in the USA. In terms of economics, prevention is more efficient economically than dealing with the financial losses due to global food safety incidents. From a company perspective, prevention is also about avoiding damage to reputation and ensuring consumer confidence. Trade negotiators need to ensure that the rules for food safety reflect sound policies and one of the foundations of this is that the rules are supportive of science-based approaches to food safety.

She recalled that the ‘WTO Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary (SPS) Measures’ preserves the right of WTO Members to set the appropriate level of health protection; promotes harmonization on the basis of international standards; and establishes obligations to prevent disguised restrictions on international trade. The latter is carried out by promoting, to the greatest extent possible, the harmonization of food safety measures based on international standards. Science is fundamental to the WTO SPS Agreement. The agreement allows countries to establish their own SPS measures. However, these must be based on scientific principles and an appropriate assessment of risks taking into account available scientific evidence. Measures may only be applied to the extent necessary to protect human, animal or plant life or health, and *inter alia* may not be maintained without scientific evidence. SPS measures cannot arbitrarily or unjustifiably discriminate in favour of domestic producers (‘national treatment’) or between specific trading partners. The SPS agreement includes explicit guidance on equivalence and transparency and the concept of mutually beneficial agreements for recognition of equivalence on the bilateral and multilateral level. Many NMIs serve as WTO inquiry points and are an important source of information on regulations and efforts to negotiate equivalence agreements.

Ms Doherty stated that trade challenges include countries that set tolerances that are not based on science. As methods of detection improve the levels of tolerance are set correspondingly lower, often without the supporting risk assessment to show the need for such tolerances. Another issue is laboratory competence and independence. When there are many countries regulating in food safety that previously had no regulations, the question of technical infrastructure to support these regulations is compelling in terms of issues such as laboratory quality assurance, training and appropriate analytical methods. Detained samples cause issues of comparability of test results where the exported product complies with certain levels but when it arrives at another border, a different test gives a different result. This results in additional costs for producers around the world. This could be resolved with more focus on comparability and the build-up of infrastructure. The availability of reference materials poses a challenge to trade. This applies to areas such as pesticide residues, veterinary drug residues and microbial contaminants. Providing traceability to the SI and accredited reference materials are also an issue.

Ms Doherty concluded her presentation by commenting that both public sector regulatory frameworks and private sector market drivers must support effective implementation of risk-based food safety systems. Trade and technological advancements will be the dual engines for the efficient allocation of resources and for increases in agricultural productivity that will enable the achievement of global food security in the decades ahead. Limits for microbial and chemical contaminants must be based on risk and must take account of the maturity of measurement science on the substance under consideration. Recognition and acceptance of products will depend on the continued advancement of national and international technical infrastructure.

The President of the CGPM thanked Ms Doherty and invited questions.

Prof. Brandi (Brazil) commented that Ms Doherty’s talk had focused on the economic aspects of food safety but food safety is also based on sustainability, which takes environmental and social factors into account. However, it is difficult to measure sustainability from a scientific perspective. There are standards for food safety that should be measured and scientifically-based, but there are currently restrictions on legislation concerning sustainability because of the difficulties in its measurement. Ms Doherty agreed that sustainability is a very complex concept, especially when applied to agriculture. With respect to national regulations and trade rules within the WTO, there is a very particular paradigm for addressing food safety. Sustainability is seen as a different regulatory objective. It has many aspects with respect to understanding what it means for production to be sustainable and implementing programmes nationally and internationally to promote sustainability. In

the USA, a fundamental principle in approaching regulation is to define the goal of the regulation very clearly. In the USA the objective is the protection of human health from exposure to contaminants: this is a very precise objective that can result in efficient regulations because of its foundation in specificity. For sustainability the programmes in the USA are not traditional regulatory programmes with a particular standard or limit on particular activities. However, there are labelling programmes to promote energy efficiency and water efficiency. The core of food safety is however the prevention of food-borne illness and the prevention of death from such illnesses.

Dr Sacconi (Italy) agreed with the opinion that matters of food safety should be based on science. He asked Ms Doherty to comment on proposed transatlantic treaties on trade and how these would take account of the fact that the values of tolerances are different between the USA and Europe. The acceptable levels for individual contaminants also vary. He also noted that regulations are developed so as not to introduce barriers to trade and not to discriminate against local producers. However, he commented that there should also be some way to preserve diversity in food production, which is best carried out locally rather than globally. Global solutions sometimes seem to favour larger producers which could threaten diversity. Ms Doherty replied that when trading rules are developed, countries have the right to develop higher levels of protection, which are put into the international standard, as long as they can justify that difference of tolerance based on a risk assessment. This does lead to a diversity in the tolerances that reflects differences in the level of protection that countries choose to implement. There are also differences in tolerances because some countries use default tolerances rather than basing a tolerance on a risk assessment. There are many factors that contribute to the diversity in tolerances, some of which are acceptable and some that are not. Regulators spend a lot of time internationally and in bilateral arrangements trying to align tolerances.

The President of the CGPM thanked Ms Doherty.

35. Report by the President of the CCQM

Dr May, President of the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry and Biology (*Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie et biologie*, CCQM) presented his report on the activities of the CCQM since the 24th meeting of the CGPM (2011).

Executive summary

The CCQM is responsible for metrology in chemistry and biology, and its activities between 2011 and 2014 are reported here. It developed and published a strategy document in 2013 that addresses the key challenges it faces in the broad and complex field in which it operates. With a portfolio of over 130 key comparisons and over 100 pilot studies to date, it manages these by operating with eight Standing Working Groups and an additional three *ad hoc* groups. The president of the Consultative Committee changed in 2013, and the name of the committee has been extended in 2014 to include reference to metrology in biology, to better reflect the scope of its activities. It is planning the sub-division of its single Working Group on Bioanalysis to increase efficiency in the planning and execution of comparisons in this area.

In this three year period the CCQM has approved and published the results of 35 comparisons (29 key comparisons and six stand-alone pilot studies), with a further 20 comparisons currently in progress. These numbers compare well with the predicted 19 new comparisons which the CCQM foresees that it will start each year, attesting to the efficiency of the CCQM in the completion and publication of its comparisons. The number of new CCQM comparisons initiated each year is expected to stay stable, despite the broadening scope of the activities of the committee. This has been made possible by the CCQM developing new models of how different comparison results can be combined to underpin a broad range of measurement service capabilities. First time demonstrations and improvements of international equivalence of standards have characterized CCQM comparisons over this period and, when considered together with the fourteen technical workshops organized by the CCQM, attests to the vitality and interest in measurement science in this field. The CCQM has started its own review of the generation, formatting and presentation of CMCs, with 32 NMIs providing comprehensive comments on the subject in 2014. Proposals for modifying the structure for Chem/Bio CMCs are currently in development. The CCQM has continued its consultation process on proposals to redefine the mole with workshops organized on the subject in both 2012 and 2014, and further interaction with the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) foreseen. The large number of scientists from NMIs wishing to participate in meetings of the CCQM has caused some logistical problems, however these issues are being addressed.

Scope of the CC

The CCQM is responsible for developing, improving and documenting the equivalence of national standards (certified reference materials and reference methods) for chemical and biological measurements. It advises the CIPM on matters related to chemical and biological measurements including advice on the BIPM scientific programme activities. The responsibilities of the CCQM are:

- a. to establish global comparability of measurement results through promoting traceability to the SI, and where traceability to the SI is not yet feasible, to other internationally agreed references;
- b. to contribute to the establishment of a globally recognized system of national measurement standards, methods and facilities for chemical and biological measurements;
- c. to contribute to the implementation and maintenance of the CIPM MRA with respect to chemical and biological measurements;
- d. to review and advise the CIPM on the uncertainties of the BIPM's calibration and measurement services as published on the BIPM website;
- e. to act as a forum for the exchange of information about the research and measurement service delivery programmes and other technical activities of the CC members and observers, thereby creating new opportunities for collaboration.

In order to carry out its responsibilities, the CCQM currently has eight Standing Working Groups and three *ad hoc* Working Groups.

Standing Working Groups:

- Organic Analysis Working Group (OAWG)
- Gas Analysis Working Group (GAWG)
- Inorganic Analysis Working Group (IAWG)

- Electrochemical Analysis Working Group (EAWG)
- Bioanalysis Working Group (BAWG)
- Surface Analysis Working Group (SAWG)
- Key Comparisons and CMC Quality Working Group (KCWG)
- Strategic Planning Working Group (SPWG).

Ad hoc Working Groups:

- *Ad hoc* Working Group on the Mole
- *Ad hoc* Steering Group on Microbial Measurements (MBSG)
- *Ad hoc* Working Group on CMC Generation, Formatting and Presentation.

Strategy

The CCQM strategy document was first published on 23 May 2013, with a revised version published on 30 January 2014. The detailed list of CCQM comparisons for the period 2013-2023 was updated and published on 1 July 2014.

The strategy addresses the diverse and challenging nature of metrology in chemistry and biology and the evolving and expanding measurement service and hence comparison needs in this area. It foresees the execution of 19 CCQM comparisons annually for the period 2013-2023 to cover measurement service comparison needs for NMI standards and measurement services in chemistry and biology. The CCQM strategy responds to three key challenges:

1. the requirement to develop and maintain an effective, efficient and manageable programme of comparisons to underpin the broad range of measurement standards and capabilities at NMIs;
2. the need to deal with new, emerging and evolving fields;
3. the need to improve the efficiency of the CMC generation and review process and optimize their presentation and formatting in the fields of chemistry and biology.

Progress has already been made in each of these three areas.

In order to develop a manageable programme of comparisons, the CCQM Working Groups are developing a core capability approach to key comparisons, where the key comparison benchmarks NMI performance for a core capability. The performance of a NMI in a limited number of these comparisons, covering different capabilities required to deliver services, can then be used to underpin a very broad range of measurement standards and capabilities at NMIs. This has allowed the CCQM to limit its requirement for comparisons despite an ever increasing portfolio of measurement services to be compared. The strategic planning of comparisons has also allowed long-term plans to be developed by the CCQM, as well as advice on which CCQM comparisons are most effectively coordinated by the BIPM for the NMIs.

Realizing agreement on statistical analysis of comparison results to enable the rapid completion and publication of comparison reports was identified by the CCQM as a potential area for improvement. Further guidance on calculating the KCRV and its uncertainty were published by the *ad hoc* CCQM Working Group on the KCRV in 2013 (CCQM/13-22). Having completed its task the *ad hoc* WG was closed.

Each of the CCQM Working Groups has adapted its comparison programme to meet the needs of its member NMIs. Additionally, the CCQM has responded to the growing number of NMIs developing metrology in biology programmes. This has involved:

- a. the establishment of an *ad hoc* Steering Group on Microbial Measurements, which has undertaken its first studies on comparability of methods for microbial identification and quantification;
- b. planning for the potential sub-division of the Bioanalysis Working Group into expertise-based sub groups (e.g. proteins, nucleic acids, cells), to increase efficiency in the planning and execution of comparisons and effectiveness of working group activities, and to better reflect the breadth of the biosciences and their metrology needs;
- c. modifying the name of the CCQM to include reference to metrology in biology, to better reflect the scope of activities undertaken by the CC.

Requirements to improve the efficiency of the CMC generation and review process and optimize their presentation and formatting in the fields of chemistry and biology were acknowledged in the CCQM strategy document. They are being addressed by the CCQM *ad hoc* Working Group on CMC Generation, Formatting and Presentation, which developed and reviewed (in 2013/2014) answers to a questionnaire on CMCs, with comprehensive feedback from 32 out of a total of approximately 70 institutes with declared activities in metrology in chemistry and biology under the CIPM MRA. The working group is currently developing proposals for the structure of CMCs in the chem/bio field, and these are expected to input into the general review of the CIPM MRA planned for 2015.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

Comparisons and CMCs

In the period 1 September 2011 to 15 July 2014 an additional 877 CMCs in areas covered within the scope of the CCQM have been published in the BIPM key comparison database, bringing the total number of Chem/Bio CMCs published to 5718. During the same three year period the CCQM has approved and published the results of 35 comparisons (29 key comparisons and six stand-alone pilot studies), a further 20 comparisons are currently in progress, either in the measurement or reporting phase.

The CCQM Key Comparison and CMC Quality Working Group has coordinated the systematic review of Chem/Bio CMCs that are over five years old since 2010. Systematic review of already published CMCs has now covered eight (at least partially) of the 15 major service categories covered by CCQM activities.

Impact studies of CCQM activities and achievements in the CCQM WGs

The impact of the range of activities covered by the CCQM has been described by providing ten example impact case studies in the 2013-2023 CCQM Strategy Document. The examples chosen provide information on the benefits and impact of internationally equivalent measurement in the areas of:

- Healthcare
- Environmental and climate change monitoring

- Food analysis and safety
- Energy
- Advanced manufacturing
- Redefinition of SI units.

The achievements of the CCQM WGs have centred on their delivery of comparisons, and notable progress in these has included:

- A ten-fold improvement in the equivalence of standards for methane in air, a major greenhouse gas, demonstrated in 2013 in CCQM-K82 in comparison to ten years previously. The equivalence of standards is now comparable with the data quality objectives set by the World Meteorological Organization – Global Atmosphere Watch (WMO-GAW) for atmospheric monitoring. The limiting factor for the accuracy of these standards was identified as the challenge in achieving accurate measurements of trace methane in nitrogen, a topic where further development in measurement techniques is foreseen.
- Demonstration of previously unknown instrument and procedure dependency of measurement results for Practical Sea Salinity, as revealed by the results of CCQM-P142. These potential sources of bias were previously unobserved by the oceanographic community, as their current calibration and measurement salinity rely on a single type of instrument and seawater standard. Accurate and precise measurements of seawater salinity are used by the oceanographic community for long-term monitoring of the environment. The measurement issues revealed by the CCQM study are being studied further through international collaborations both within the Joint Committee on Seawater (JCS), endorsed by The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) and the Scientific Committee on Oceanic Research/the International Association for the Physical Sciences of the Oceans (SCOR/IAPSO), and the EAWG.
- Dramatic advances have been made during the past seven years by NMIs/DIs in undertaking inorganic speciation analysis which is a key measurement service for research in nutrition, health and cancer diagnosis/treatment. These advances were clearly illustrated by the results reported for CCQM-K107/CCQM-P146 in 2013. Using isotope dilution mass spectrometry, the participants achieved measurements of Se methionine in human serum at a concentration of 25 µg/kg with a KCRV uncertainty of about 2.5 % whilst working with the limited sample size (about 1 ml) typical for this type of clinical application. This should be compared with CCQM-P86 in 2006 where participants reported measurements of the same analyte in a less demanding yeast matrix, provided as tablets in large pharmaceutical packs, at a concentration of 575 mg/kg (i.e. 23,000 times higher than CCQM-K107) with a relative standard deviation of about 8 %.
- Recent completion the first cell measurement comparison (CCQM-P102) demonstrating equivalence in capability in flow cytometric measurement of CD4+ cell concentrations, and documenting the associated measurement uncertainty. Measurement of CD4-positive (CD4+) T-cells is an essential tool for the laboratory monitoring of HIV infected patients. The final report was circulated to a number of interested stakeholders including WHO, INSTAND, EQUALIS and DGKL.
- Coordination of a series of strategic key comparisons, planned by the Organic Analysis Working Group liaising with the BIPM Chemistry Department, to underpin organic purity assessment. This measurement area is critical for the traceability of the highest order calibrants used across a large number of sectors, and essential for the preparation of the matrix materials that NMIs and DIs produce as accuracy control materials. The comparisons have entailed in-depth analyses of

indirect and direct purity analysis techniques permitting the BIPM and NMIs to draft an IUPAC Guidance Document on Purity Assessment techniques which will be highly valuable to the analytical chemistry community.

- Benchmarking for the first time the accuracy of thin functional alloy film composition measurement, through the pilot study and subsequent key comparison (CCQM-P108 and K129), to address stakeholder needs for traceable, repeatable and reproducible measurement methods in advanced manufacturing, specifically in the fields of electronic devices, data storage devices and energy harvesting.

Redefinitions of the SI units

The CCQM has followed up on its statement from 2011 ‘on the need for further consultation over the possible redefinition of the mole’, with the organization of two workshops on the topic in 2012 and 2014. In 2012, IUPAC was invited to reconfirm their statements in support of the redefinition of the mole in 2009, which they did. In 2014, the CCQM invited a selection of authors who had published papers against redefinition to give presentations at the workshop to explain their views. The CCQM has been invited to make a presentation on the redefinition of the mole at a meeting of the American Chemical Society, and members of the CCQM are active in the recently established IUPAC project entitled ‘A critical review of the proposed definitions of fundamental chemical quantities and their impact on chemical communities’, which will undertake a critical review of the definitions for the quantity amount of substance and its unit, mole, as well as the related unit of the quantity mass.

NMIs that are CCQM members have carried out measurements of silicon isotope ratios in silicon samples being used in the Avogadro project, which is contributing to the redefinition of the kilogram. The mass spectrometric approaches used were presented and methods discussed in a CCQM IAWG workshop on the Avogadro and other related mass spectrometric measurements (2011).

The use of dimensionless quantities in the biosciences and chemistry, and the common use of pseudo units to represent the unit 1, led the CCQM to request the development of further guidance on use of units in this area by the Consultative Committee for Units (CCU). The *ad hoc* WG created by the CCU in 2014 to address this issue includes CCQM experts from both the chemical measurement and bioanalysis fields.

Technical workshops on specific areas of measurement science in chemistry and biology

The CCQM working groups have organized fourteen technical workshops over the period to transfer knowledge on new measurement techniques and best practice. The topics and highlights of these were:

- Gas standards for atmospheric measurements (2011), concentrating on the collaboration between the CCQM and the WMO in atmospheric measurements, especially in greenhouse gases;
- A Workshop on Microbiology Measurements for Food Safety (2011), which led to the development of two study focus areas: microbial quantitation and molecular identification. Both focus areas have yielded promising initial studies including a manuscript on measurement uncertainty for microbial DNA sequence identity;

- The Avogadro project and related mass spectrometry (2011) highlighted the key contribution of inorganic spectroscopy for isotopic analysis and molar mass determination of the Si spheres required for SI unit redefinitions;
- New and specialized measurement techniques (with invited expert laboratories, 2011) highlighted two key issues in inorganic instrumental analysis: the need to provide metrological underpinning for rapidly evolving new areas, such as laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), and the continued requirement for existing techniques such as neutron activation analysis (NAA) and gas analysis of metals;
- Clinical and bio-analysis (2011) highlighted the important contribution being made by CCQM participants in developing advanced analytical techniques essential to clinical and healthcare research;
- Inorganic research projects in the European Metrology Research Programme (EMRP) (2012) presented research outputs of interest to the global network provided by the CCQM;
- Biomeasurement in support of the clinical diagnostics community (2011) discussing measurement research being undertaken to address the significant challenges of protein and nucleic acid biomarker measurement and RM development for clinical diagnostics including cardiac troponin, infectious diseases and methylation standards for cancer prognostics;
- Measuring molecular adsorption at the solid-liquid interface (with the International Union for Vacuum Science, Technique and Applications (IUVSTA), 2012), highlighting the requirement to develop metrologically underpinned methods of surface chemical analysis with relevance to manufacturing of reliable biosensing devices for clinical diagnostics;
- Mass spectrometry and molecular structure metrology research underpinning the development of bio and chemical reference material and NMI measurement capabilities (2012), highlighting new generation (ion mobility, HDX, CE-MS, FFF) mass spectrometric capabilities of the NMIs applied to the challenge of complex protein characterization and structural measurement;
- SI traceable elemental calibration (2012) highlighted the challenges of providing SI traceable inorganic measurements;
- Carbon dioxide and methane isotope ratios standards (with the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the BIPM, 2013), highlighting the developments in optical methods for isotope ratio measurements from traditional mass spectrometric methods and the requirements for new certified reference materials for their calibration;
- Bio and Chemical Measurement Research Challenges and New Developments (2013) describing emerging techniques (super-resolution microscopy, dPCR, CARS/SHG, NMR) primarily focused towards accurate single molecule measurement and purity determination;
- New measurement techniques in gas metrology (2013), to share the information on the latest techniques of gas analysis and standards preparation;
- Isotope ratio measurements of the light elements (with invited expert laboratories, 2014) highlighted the need for SI traceability of isotopic delta values and measurement research which is working towards this long-term goal.

In addition, a workshop on the achievements and future challenges for the CCQM was organized in 2013 to coincide with the twentieth anniversary of the formation of the CC, and to provide a discussion forum for input into the CCQM strategy document. Advances made through CCQM activities in isotope dilution methods for organics, purity analysis, neutron activation analysis for

inorganics and digital PCR for DNA quantification were highlighted. The potential for applying new measurement techniques and standards in the field of forensics was presented.

Dissemination of CCQM activities

The CCQM has undertaken to improve processes for dissemination of information. As of 2012, the CCQM has started to disseminate its decisions and actions within the two weeks following the plenary session, with the reviewed report of the plenary meeting published typically within four months following the meeting. In addition, increasing the number of publicly available presentations and reports is foreseen.

Challenges and difficulties

Three main challenges have been identified for the CCQM in the strategy development process and actions are under way to address these.

The CCQM, with responsibility for metrology in chemistry and biology, arguably covers fields of measurement science that are as broad as, or broader, than all the other CCs combined. The CCQM has managed this by developing a measurement expertise-based working group structure. The meetings of working groups have often been collocated in order to maximize synergy and cross-fertilization between them. The interest in and success of the activities of the CCQM working groups has resulted in more than 200 scientists attending these meetings. Accommodating meetings of the working groups now poses a challenge both for the BIPM and NMIs. This issue is being addressed by the CCQM SPWG, with proposals to reduce the number of working groups that meet simultaneously in one location at any one time, and that the main meetings of the working groups will not coincide with the plenary session. A new meeting schedule for the CCQM WGs is planned to be implemented in 2016.

The CCQM has historically organized a considerable number of pilot studies, and on occasion invited guest laboratories to participate, where their participation would add scientific value to the study. The continued interest from potential guest laboratories in participating in these studies together with concerns to ensure that the results of the studies are used appropriately has led the CCQM to develop a formal process for requesting, reviewing and accepting guest laboratory participation in pilot studies. The process was approved by the CIPM for implementation by all CCs.

Outlook in the short and long term

The scope of the CCQM is very diverse and complex and should provide for evolving and expanding measurement service needs. Specific examples of important issues and trends in various sectors that are likely to drive the development of NMI services are given below. Future CCQM comparisons would then be selected to establish the international equivalence of these measurement standards and services:

- **Healthcare:** Reference measurement systems for diagnostics, traceability of quantitative measurements of nucleic acids, proteins, polysaccharides and cells to the SI including high accuracy purity assessment; systems biology support (e.g. combined 'omic' approaches covering lipids/cells/genes/proteins...) including interactions in immune systems; measurements to support bio/pharmaceutical identity, quality, safety and efficacy.

- Food safety and nutrition: Residue and contaminant quantification, microbial identification and quantification, nutrient quantification, food constituent labelling, food provenance.
- Environment: Reference measurement systems for: Long-term global, direct and remote monitoring of greenhouse gases; development of emission controls on toxic and reactive gases from industrial activities to atmosphere and the workplace; particulates and nanoparticles; semi-volatile organic compounds in indoor and urban air including real-time analysis of composition; isotope ratio measurements for sensitive environmental studies; water quality.
- Energy: Diversification in the supply of energy gases (e.g. biogas, coal mine methane, shale gas); dissolved gas in water (e.g. methane and methane hydrates); emerging hydrogen economy (e.g. measurements of impurities in hydrogen); usable energy from bio-waste; industrial biotechnology (harnessing sustainable microbial energy); chemico-physical properties of biofuels; state of health and charge of energy storage systems (e.g. batteries in the automotive sector); injection of non-conventional gases into existing gas grids; alternative technologies in photovoltaic systems.
- Advanced materials: Development of metrologically underpinned characterization tools and protocols for analysis of nano-structured surfaces, nano-particles. Research towards traceability of toxicity measurements will focus on chemical and biological characterization of nano-particles; development of new materials with functional surfaces including, biomaterials, metamaterials, and hybrid materials; electrochemical sensors to monitor and feed-back on the performance of smart materials; embedded chemical sensors in intelligent buildings.
- New technological requirements: The range and complexity of analytes covered by the CCQM is expected to expand. This will require technological developments including the development of primary calibrators and reference measurement systems for new and more complex analytes and the development of an international metrological infrastructure for biological measurements.

CCQM Data

CCQM set up in 1993

President: W. E. May

Executive secretary: R.I. Wielgosz

Membership:

28 members and 12 observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

19-20 April 2012 / 18-19 April 2013 / 10-11 April 2014

Eight Working Groups:

- Organic Analysis (OAWG)
- Gas Analysis (GAWG)
- Inorganic Analysis (IAWG)
- Electrochemical Analysis (EAWG)
- Bioanalysis (BAWG)
- Surface Analysis (SAWG)
- Key Comparisons and CMC Quality (KCWG)
- Strategic Planning (SPWG)

Three *ad hoc* Working Groups:

- *ad hoc* Steering Committee on Microbiological Measurements (MBSG)
- *ad hoc* WG on the Mole
- *ad hoc* WG on CMC Generation, Formatting and Presentation

CCQM Comparison activity (July 2011 to July 2014)	Completed July 2011 to July 2014	In progress	Planned [to 2015]
CCQM key comparisons (and supplementary comparisons)	29	12	26
CC (stand-alone) pilot studies	6	8	11
CMCs	5718 CMCs in 67 service categories Increase of 877 CMCs since 1 September 2011		

The President of the CGPM thanked Dr May and invited questions.

Dr Fisk (Australia) thanked Dr May for his talk and congratulated him on the achievements of the CCQM. He commented that some of the RMOs are focusing on the workload and the sustainability of the workload associated with maintaining large numbers of CMCs. He asked Dr May if he could comment on the fact that the CCQM has 5 700 CMCs in the KCDB and this number is growing. Dr May replied that there are some initiatives to address this issue and CMCs are being restructured. For example in the case of polychlorinated biphenyls (PCBs) in soil, there are 202 PCBs and some NMIs express a claim for a significant subset of this number. It is possible to design studies so that the ability of an NMI to provide services for PCBs in sediments and oils for example can be assessed. This would allow an assessment of the ability, knowledge and skills within an NMI and how these can be applied to different matrices and subsets. He acknowledged that the increasing number of CMCs cannot be sustained in the long term.

Prof. Uğur (CIPM) commented that most NMIs are run by governments and they receive money from their governments to carry out their work. The NMIs are highly-scientific organizations and there is very good acceptance of comparisons among the NMIs. He added that Ms Doherty talked about trade negotiations in food safety and referred to the scientific basis for decisions many times. The discrepancies between countries appear to be very wide whereas the NMIs are much more in agreement. He asked why it is that if each country has an NMI, which is highly scientific and the NMIs agree among themselves, how often is the CCQM consulted during trade negotiations and how often is the BIPM consulted by the WTO. Dr Milton replied that the BIPM now attends meetings of the WTO Committee on Technical Barriers to Trade (TBT). This has been an important step forward for the BIPM by allowing it to be visible in such in negotiations. Dr Wielgosz (BIPM) added that the BIPM is an observer at the Codex Alimentarius commission and actively participates in the committee on methods of analysis and sampling. According to the WTO, trade disputes are based on international standards and these standards are agreed within the Codex. Issues of measurement uncertainty and comparability have come up in the Codex, and the BIPM and NMIs contribute via this forum, which has been established for ten years. Dr May added that in addition to the BIPM, many NMIs are members of Codex. He commented that it is the job of the metrology community to provide the tools that can be used in trade negotiations; it does not influence the actual negotiations. The metrology community has no regulatory authority. Mr Henson (BIPM) supported the comments by Dr May. He noted that he had recently conducted a seminar for the assembled trade negotiators at the WTO to underpin the metrology infrastructure that is available to them, what its role is and what can and cannot be done. It is not the role of the metrology community to regulate or to participate in the trade negotiations. Its role is to bring to the attention of the regulators the importance of the NMIs and their participation in the RMOs at the international level, so that when measurements are made, they are comparable within the degree necessary for trade activities.

Ms Santo (Uruguay) asked about the policy of the CCQM regarding method-dependent parameters that are not traceable to the SI used for food characterization. These are important for trade, so some comparability is needed. Dr May replied that the CCQM is stretched very thinly, so it cannot be “all things to all people”, therefore the CCQM needs to focus. Historically the CCQM has provided method-dependent parameters when there is an international consensus on the convention. For measurands where each country has a different definition of its standards, this is not the responsibility of the CCQM.

The President of the CGPM thanked Dr May.

36. Report by the President of the CCRI

Dr Louw, interim President of the Consultative Committee for Ionizing Radiation (*Comité consultatif des rayonnements ionisants*, CCRI) presented his report on the activities of the CCRI since the 24th meeting of the CGPM (2011). The report had been compiled by Dr Carneiro, the former President of the CCRI.

Executive summary

The mission of the CCRI is to contribute to the world-wide harmonization of ionizing radiation measurements mainly by identifying and supervising the necessary comparisons to achieve this aim. The results are included in the KCDB and the work is fulfilled through the application of the CCRI strategic plan.

The strategy of the CCRI was first established in 2009 and included planning, management and annual reporting. The strategy identifies more than 40 actions classified into short-, medium- and long-term that are carried out as a rolling programme and updated after each period. It was evaluated in 2013 by its members and stakeholders and the outcome was considered very satisfactory.

A particular issue that required strategic analysis was the development of international traceability for high-energy photon dosimetry and led to the planning of a dedicated workshop in 2015. The strategy also took into account the feedback from significant stakeholders: RMOs, IAEA, ICRU, ICRM and IOMP.

The number of CMCs has stabilized since 2011. Dosimetry activities have been consolidated (mammography, brachytherapy) and there has been very satisfactory quantitative feedback from the high-energy photon dosimetry comparisons: the procedure for evaluation of degrees of equivalence was adopted, the first five comparison results are statistically coherent and a workshop is planned in 2015. Other developments concern the extension of the SIRTI to ^{18}F (1.8 h half-life) and pilot studies for the extension of the SIR to beta emitters, that will be implemented in 2016, as well as the update of the *Measurement Methods Matrix* for radionuclide measurements and the implementation of the power-moderated mean for robust evaluation of KCRVs. Final reports of several key and supplementary comparisons, CCRI(II)-K2.Lu-117, CCRI(II)-S7, CCRI(II)-S8 and CCRI(III)-K11, among others, have also been published, as well as the procedure for establishing the degrees of equivalence of national primary standards for absorbed dose to water in accelerator photon beams (BIPM.RI(I)-K6).

Volume 7 of the *Monographie BIPM 5, "Table of Radionuclides"* was published and there was a re-evaluation of the W_{air} parameter, which is crucial for ionometric primary standards.

The number of working groups has been reduced from 11 to 6 and progress has been made to simplify and shorten the production process for comparison reports in Sections II and III. New Observers have been accepted in Section II (SMU) and Section III (ENEA, NRC).

Scope of the CCRI

The mission of the CCRI is to contribute to the world-wide harmonization of measurements in ionizing radiation, mainly by overseeing global and regional comparisons for inclusion of the results in the KCDB. Its tasks and deliverables are to:

- Establish and run comparisons, published in the Technical Supplement of *Metrologia*
- Maintain and develop the SIR (*Système international de référence*)
- Maintain and develop measurement standards for dosimetry
- Coordinate the activities and forward the recommendations from the three Sections (CCRI I, II and III) and their working groups
- Publish monographs on nuclear data and special issues of *Metrologia*
- Contribute to conferences and meetings
- Publish in other scientific journals
- Transfer of knowledge to NMI staff e.g. through visits to the BIPM (notably during comparisons) and workshops and conferences at the BIPM.

Strategy

Since 2009, the CCRI has adopted a strategic approach to its planning, management and reporting. The strategic plan covers three budgetary periods of the BIPM (each typically a four-year period) and are identified as short, medium and long term. It puts into action the mission statement (cited above) and presents a vision for what is to be achieved for the coming three periods, with focused initiatives to support the vision and specific actions for each period. Furthermore, the plan describes specific stakeholder relations and the CCRI Working Groups. The strategic plan is used as a reference for annual reporting and it is updated in coordination with the BIPM planning process, typically at four year intervals.

Since the 24th meeting of the CGPM (2011), the strategy has received its first periodic review. Out of the 100 participants that assisted in drafting the new plan, 31 completed a questionnaire on the value of the strategic approach adopted by the CCRI and the outcome was considered very satisfactory.

Apart from updating the strategic plan, taking into account what had been achieved during the previous Programme of Work (2009-2012), the plan was modified to fit the scheme that was introduced by the BIPM in 2012 with the '*Rolling Programme Development Document*'. The format adopted by the CCRI is slightly different, having been formulated three years previously. An adaptation to the Programme of Work 2013-2015 was introduced and the plan was extended to create the Strategic Plan 2013-2023 with more than 40 strategic actions identified around

five strategic initiatives. Actions and initiatives are grouped by ‘short-term’ (2013-2015), ‘medium-term’ (2016-2019) and ‘long-term’ (2020-2023).

Annual reporting was introduced and some of the ambitious strategies were made more realistic when applied to daily management and reporting. The more structured approach to reporting improved clarity and benefitted communication, in particular with stakeholders. The number of Working Groups was reduced as the work of some was identified as completed, transferred to a few permanent Working Groups, or converted into strategic actions. Finally, although resources are not enumerated in a systematic way, the strategic approach is now contributing to more realistic planning and time scheduling of resources, both at the BIPM and in the participating NMIs.

One particular issue has demanded strategic attention, namely the establishment of global traceability for accelerator dosimetry. The 23rd and 24th meetings of the CGPM had charged the CCRI with investigating the possibility of setting up a dedicated linear accelerator at the BIPM to serve as a reference facility for the new key comparison BIPM.RI(I)-K6 on ‘Measurement of absorbed dose to water; accelerator based radiation’, and a working group was set up to investigate this issue. However, during the period 2012-2013 it became clear that a number of Member States would not accept the associated investment costs at the BIPM and the working group was discontinued. The future direction is now being discussed by a core group that is planning a *CCRI workshop on international traceability for accelerator dosimetry*, to be held at the BIPM on 20 March 2015.

A goal of the CCRI since 2009 has been to strengthen its visibility amongst major stakeholders. This vision has proved to be a success, with several of the CCRI core activities, such as accelerator dosimetry, the SIR and its extensions and new dosimetry comparisons for mammography and brachytherapy, being adopted by the relevant stakeholders. Furthermore, it should be noted that the following stakeholders took part in the formulation of the strategic plan in 2012 and 2013:

- All RMOs: AFRIMET, APMP, EURAMET, COOMET and SIM
- International Atomic Energy Agency (IAEA)
- International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)
- International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) [Section II]
- International Organization for Medical Physics (IOMP) and associated regional organizations.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

The CCRI has held two meetings since the 24th meeting of the CGPM: on 15 May 2012 and 17 May 2013, both presided over by Dr Kim Carneiro.

Main activities

The number of CMCs has now stabilized, with 4001 CMCs corresponding to 738 service categories. The production of comparison reports is particularly effective in Section I, where the KCRV adopted is the BIPM value, which facilitates a more rapid approval process.

The accelerator dosimetry comparisons BIPM.RI(I)-K6 using the BIPM travelling calorimeter standard have been consolidated, with seven comparisons now completed with the NRC, PTB, NIST,

LNE-LNHB, ARPANSA, NPL and the VSL. The first five have been reported in the KCDB, and the results show a statistically coherent data set:

- Using the value obtained by the special BIPM calorimeter as reference value (KCRV), the reported NMI-values have relative deviations from the KCRV in the range $-0.63 < D/U < 0.31$, which is considered very satisfactory.
- The NMIs have estimated their uncertainties (one standard deviation) in the range $0.44 \% < u < 0.64 \%$; and a χ^2 confirms that the total data set is consistent with these estimates.

The conclusion is that primary accelerator dosimetry appears fully harmonized within the participating NMIs that have reported results from BIPM.RI(I)-K6 to date.

Mammography comparisons are now well established at the BIPM and results have been published in the KCDB since 2011 for the NRC, NMIJ, NIST, PTB and the VNIIM. Current developments in brachytherapy primary standards in the NMIs have generated an increased need for comparisons. As a consequence, the BSWG(I) was revitalized in 2013 and the protocol and measurement setup for air kerma comparisons of ^{192}Ir high-dose rate (HDR) sources was revised in 2014. Two new comparisons with the NRC and the LNE-LNHB were performed in 2014, and two more are planned in 2015.

The ICRU Report Committee on Key Data for Dosimetry is expected to publish its report on recommended values for key physical constants during 2014 with a significant contribution from the BIPM, including a re-evaluation of the parameter W_{air} . This parameter is crucial for ionometric primary standards and its re-evaluation is strongly influenced by BIPM measurements on primary ionization chambers and high-energy calorimetric measurements in accelerator beams.

Significant milestones in radioactivity measurements (Section II) include the permanent BIPM service of the *Système International de Référence* (SIR) for more than 60 gamma emitters, and the SIR Transfer Instrument (SIRTI) for short-lived radionuclides, implemented since 2009 for ^{99m}Tc (about 6 h half-life), which has been used at the NIST, NMIJ, KRISS, NIM, CNEA, LNMRI/IRD, IFIN-HH and the VNIIM. The SIRTI was extended to ^{18}F (about 110 min half-life) in 2014 in comparisons with the VNIIM, NPL and the ENEA. The extension of the SIR to beta emitters is the object of the trial comparison for ^3H , ^{14}C , ^{55}Fe and ^{63}Ni which started in 2014 for 14 participant NMIs.

The extended SIR to gamma or beta emitters (and in the future to alpha emitters) will significantly reduce the need for CCRI(II) comparisons organized by the NMIs, thus reducing their involvement and resources dedicated to this purpose. Another important approach is the implementation of the Measurement Methods Matrix to select appropriate radionuclides that efficiently demonstrate the capability to measure other nuclides of similar (or inferior) complexity. In parallel, the ten-year rolling plan allows the strategic planning of comparisons for specific nuclides that present difficulties to be sent to the SIR. Several CCRI(II) key or supplementary comparisons have been completed in this period, such as CCRI(II)-K2.Lu-177, CCRI(II)-S7 (uncertainty analysis in coincidence counting methods), or CCRI(II)-S8 (^{137}Cs , ^{90}Sr and ^{40}K in wild berries matrix reference material).

The production of reports in this area, which is usually slower due to the necessity to agree on the evaluation of the KCRV, has benefitted from: the removal of pairwise degrees of equivalence; the production of shorter SIR reports when the change in the KCRV is not significant; and a simplified scheme for reporting results as agreed in the KCWG(II). The power-moderated mean has been adopted for a more robust evaluation of the KCRVs. A new observer, the SMU, Slovakia, was accepted into the CCRI(II) in acknowledgment of its active contribution to radionuclide metrology.

Concerning reference nuclear data, volume 7 of the *Monographie BIPM-5, "Table of Radionuclides"* was published in 2014 and a special issue of *Metrologia* on the evaluation of uncertainties in radionuclide measurements is scheduled to be published by December 2014.

The delays in completing comparisons for neutron measurements are being reduced by using a single central facility whenever possible, as in the case of the comparison on monoenergetic neutron fluence. However, this does not permit testing of the capability of participating laboratories to produce a suitable neutron fluence. Reports of comparisons have been published, among others CCRI(III)-K11 (neutron fluence in monoenergetic neutron fields). Although some NMIs have expressed an interest in personal dose equivalent measurements, there remain a number of problems related to the definition of the quantity in terms of a parallel beam. It was also decided that the revision of neutron CMCs could be done during the CCRI(III) meetings which gather most of the laboratories performing neutron measurements, since this will allow the timeline for approval to be reduced. Two new observers, the ENEA, Italy, and the NRC, Canada, were accepted into the CCRI(III).

The document on validity criteria for CCRI comparisons was adopted by consensus; one notable aspect of this is that the starting date for validity is the date of the corresponding measurements. The document is used as an essential tool to plan the comparison requirements at each NMI.

As a consequence of the application of the CCRI Strategy, the following five Working Groups have been closed and their goals transformed into actions:

- Strategy Working Group
- Accelerator Dosimetry Working Group
- Realization of the Becquerel at the basic level Working Group
- High-efficiency Photon Detection Systems Working Group
- Transfer Instrument Working Group.

Challenges and difficulties

The completion of comparison reports in Sections II and III presents a greater complexity than in Section I since the KCRV must be evaluated from all the contributions and agreed by all the participants. Application of a simplified procedure was agreed in Section II with the aim of reducing the timeline from measurements to publication of the report. A repository of Draft B reports would allow auditors to check the effective support for CMCs claimed by the NMIs and should be addressed within the framework of application of the CIPM MRA.

Until 2011, brachytherapy comparisons were heavily dependent on guest workers at the BIPM and, although four comparisons of air kerma for ^{192}Ir HDR sources were completed with the VSL, NPL, LNE-LNHB and the PTB, no reports were produced. The BIPM has resumed the activity using its own resources in 2014, producing the delayed reports and undertaking a new comparison with the NRC and a second comparison with the LNE-LNHB after the installation of a new facility in its laboratory. Two more are planned in 2015, but future developments will need to address absorbed-dose standards for brachytherapy that are currently being developed by the NMIs. A decision on comparisons for low-dose rate (LDR) brachytherapy sources was postponed until 2015 to take into consideration the achievements of an agreed EURAMET comparison in this domain.

The sustainability of the high-energy photon comparisons for accelerator dosimetry will be discussed in the workshop planned for 20 March 2015.

A trial exercise with ^3H , ^{14}C , ^{55}Fe and ^{63}Ni and 14 participant NMIs started in 2014, with the goal to define the final implementation of the extension of the SIR to beta emitters, currently not covered by the SIR. It will require a great deal of effort to set up the procedures and the laboratory implementation, but in return it will generate a new ongoing comparison that will reduce significantly the workload of NMIs for piloting comparisons.

An annual survey to determine the ‘declaration of interest’ of NMIs in comparisons has been implemented at the BIPM, to keep a permanent overview, detect specific needs and plan the optimal response to the NMIs.

According to these provisions, the set of BIPM.RI(I)-K1 to -K8 ongoing comparisons in dosimetry and the BIPM.RI(II)-K1 and -K4 for the SIR and the SIRTII, will be maintained in response to the demands of the NMIs; this will continue to represent a considerable effort for the BIPM, similar to that in 2011-2014, which discharges the NMIs from the tasks of organizing/piloting comparisons. Implementation of new BIPM ongoing comparisons are planned for absorbed dose to water in medium-energy X rays and for the extension of the SIR to beta emitters, as well as the CCRI comparisons for neutron operational quantities, and those (one per year) arising from the application of the 10-year rolling plan in radionuclide measurements.

Transportation of measurement equipment for comparisons often experiences administrative difficulties at customs, similar to radioactive sources, with significant delays for delivery or even being blocked due to very rigid regulations in some countries. Efforts shall be made by the concerned bodies to improve and follow up the procedures for declaration and customs clearance to avoid significant delays.

Outlook in the short and long term

Short term (2016-2019)

- Updated strategy: incorporate a new President and two section chairs.
- Streamline organization: Sections transformed into Working Groups, close BSWG(I) and ESWG(II) when appropriate.
- Maintain the progression from air kerma to absorbed dose to water standards.
- Establish a long-term strategy for accelerator dosimetry.
- Full extension of the SIR to short-lived isotopes and beta emitters.

Long term (2020-2023)

- Work towards new biologically-based quantities
- Proton (hadron) dosimetry
- Neutrons revitalized.

37. Report by the President of the CCAUV

Dr Usuda, interim President of the Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (*Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations*, CCAUV) presented his report on the activities of the CCAUV since the 24th meeting of the CGPM (2011). The report had been compiled by Dr Valdés, the former President of the CCAUV.

Executive summary

The CCAUV covers metrological aspects of mechanical waves: acoustics, ultrasound, vibration and underwater acoustics. The comparison phase demonstrating comparability of measurement capability within these fields has matured and reached a stage which is less based on frequent Key Comparisons. A feature of the CCAUV is the highly applied nature of its work and closeness to the stakeholder community. Clear routes for future planning of the activities of the CCAUV have been identified through the strategic planning process, revealing the important impact on extensive health issues, the economy, environment and safety.

Scope of the CCAUV

The remit of the CCAUV is to advise the CIPM on all scientific matters and issues that influence metrology in the fields of mechanical waves: acoustics (A), ultrasound (U), vibration (V) and underwater acoustics (W). It identifies and organizes Key Comparisons in these four fields to establish global comparability of measurements and traceability to the SI. The CCAUV also acts as the focus and network for this diverse community, to discuss the results of latest research to support emerging areas, and to develop common aims and collaboration between national metrology institutes and designated organizations in Member States of the BIPM or with other relevant bodies.

Strategy

In 2012, the CCAUV undertook a radical review of its 2006 strategy that resulted in a global picture of the present and future needs in metrology for applications in A-U-V-W. As there is no activity carried out at the BIPM in these fields, the planning uniquely covers NMIs, DIs and their stakeholders, and the intention is that this will be updated regularly. The CCAUV has received positive feedback on the document from some NMIs, which consider it a valuable support document in the planning of their future activities.

Following the strategic planning process, it became clear that a large increase in the number of future key comparisons is not expected. The comparison phase within all four fields has matured and has reached a stage which is dominated by repeats. Additionally, these repeat key comparisons are characterized by broadened scopes, spanning increased frequency ranges, reflecting changing user demands.

To provide the highest efficiency and quality, the CCAUV is supported by its three Working Groups (WGs): the Key Comparison WG ensures that published comparison data are robust and representative; the RMO WG reviews the relevance of submitted entries for calibration and

measurement capabilities; the Strategic Planning WG establishes the CCAUV strategy and maintains a watching brief on development and evolution in the scientific fields of relevance. The CCAUV has not identified any need or advantage in reducing the number of its working groups. Nevertheless, the SPWG and the KCWG have several issues in common, so joint meetings will be organized.

The CCAUV is the most recently created Consultative Committee. It has accumulated 15 years of experience and is now appropriately positioned to further push its strategy through a careful analysis of its actions within the framework of the CIPM MRA.

The published CCAUV Strategic Planning document gives a detailed analysis of each separate discipline. To offer a different perspective, the section ‘Outlook in the short and long term’ of the CCAUV report gives a shorter summary of the needs and impact of A-U-V-W within a selected number of significant areas.

Activities and achievements since the last meeting of the CGPM

The CCAUV has met twice since the 24th meeting of the CGPM (2011). As recommended by the CIPM *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM in 2012, the RMO TC-AUV chairs were invited to the CCAUV meetings, as well as to participate at the Key Comparison and Strategic Planning WG meetings. The actions and decisions were identified after each meeting and uploaded to the open CCAUV web pages to rapidly make a summary publicly available before the publication of the minutes. A simplification in reporting degrees of equivalence was adopted, which will save time for the institutes reporting comparisons. A Key Comparison Working Group was established and has contributed to clarifying important issues which need to be addressed before carrying out a key comparison, and to the improved quality of published reports. A monthly newsletter on CCAUV activities is communicated to all CCAUV participants.

Main activities

The CCAUV meets every two years. The group of metrologists within these areas represent a sparse and geographically-dispersed community. Therefore, the CCAUV meeting not only covers cooperation via comparisons but provides the focal point for individual participants to describe the latest research and demonstrate progress in the relevant fields, to create and maintain contacts with other specialists and to discuss current issues.

Contacts with stakeholders are to an extent accomplished by CCAUV links with several Technical Committees within the International Organization for Standardization (ISO) and the International Electrotechnical Commission (IEC), maintained via CCAUV representatives.

The Kenyan Bureau of Standards (KEBS) became an observer of the CCAUV in 2014.

Challenges and difficulties

Contrary to many other Consultative Committees, the CCAUV does not maintain a base unit; units used are either derived (composed by several different base units), or represented by the well-known dimensionless unit *decibel*. For this reason, there is a need in the A-U-V-W areas to provide traceable measurements in a wide range of units. However, work is being focused on realizing sound pressure in terms of the SI unit *pascal*, which is already in place in Ultrasound.

Comparisons to accomplish traceability are made by circulating travelling standards, such as microphones, hydrophones or actuators, between the participants. This unavoidable way to proceed in A-U-V-W is often time consuming, where the next participant must wait for the previous, and where the conservation of artefact-quality critically affects the global comparison outcome. Unfortunately, transport problems are regularly encountered and are often exacerbated by national customs procedures. This can be particularly troublesome for the sensitive and fragile instruments involved.

The technical and scientific challenges are reported below.

Outlook in the short and long term

Health

Hearing is one of our most vital senses and impairment can lead to severe degradation in quality of life. Consequently, national healthcare programmes invest heavily in both hearing diagnostics through screening programmes and rehabilitation through the provision of hearing aids.

Early diagnosis and treatment of hearing disorders are realized today by new-born screening programmes in many countries. However, metrology underpinning hearing screening has not kept pace with modern audiological practices where there is a movement towards objective methods such as *oto-acoustic emission* (sound generated within the inner ear) and *evoked brainstem response* (measurable electrical activity in the brain to indicate hearing), for which there is a need for resources.

Hearing thresholds require new calibration methods traceable to national standards and improved methods for the determination of reference values of the ear. Further, continued generic science is necessary to better understand and model the human auditory process, particularly regarding hair cell damage by very high frequency sound and the bone conduction mechanism.

Therapy and Diagnostics: Ultrasound has become one of the most frequently used diagnostic tools in medicine. World-wide, there are 250 000 diagnostic ultrasound instruments and 250 million examinations per year. Safety-sensitive diagnostic applications will drive the continued development of improved metrological tools and prediction models. In particular, the last 15 years has seen a dramatic increase in quality and complexity of medical applications for early routine cancer screening through elaborate ultrasound imaging methods showing particular promise.

Novel therapeutic applications of ultrasound will continue to emerge, supporting drug delivery concepts based on high-intensity ultrasound or cavitation. Exploitation of the clinical potential of such methods requires the development of metrology for both existing and emerging quantities. To unlock the potential of therapeutic ultrasound and to better assess safety for diagnostic applications, metrology is essential for the development and validation of methods for determining *ultrasound dose*, supporting treatment planning and risk assessments.

For manufacturers, micro-bubbles coupled with therapeutics will drive developments of the next wave of ultrasound technology into clinical practice over the next 5 to 10 years. For example, microbubble-based drug/gene delivery vehicles for cancer and Alzheimer therapies promise significant advances in treatment.

Key factors in assessing the safety of medical ultrasound applications lie in methods of estimating *in vivo* ultrasound levels, and its implications in terms of bio-effects. The ability to make such measurements is likely to find increasing application, for example in the evaluation of protein solutions, or assessment of nano-particles.

Environment

Underwater acoustic techniques are chosen for most marine applications requiring remote imaging, communication or mapping in sea water, where techniques based on electromagnetic waves suffer from a limited range due to their high levels of absorption.

Marine noise pollution generated by cargo ships or industrial activity in the marine environment, e.g. associated with oil and gas platforms or when installing wind-turbines, must be monitored using underwater acoustic techniques. Deep ocean measurements have reported that marine noise doubles each decade. Increasing legislation with regard to assessing and mitigating the exposure of marine life to noise pollution is one of the key drivers in this area. It is already subject to regional regulation.

Absolute acoustic techniques provide the potential for monitoring carbon dioxide leakage in carbon capture and storage applications. Three-dimensional measurements of ocean currents and temperature are achieved, representing important indicators of climate change. Other indicators may also be monitored such as acidification and methane seepage.

Deep ocean studies increasingly utilize autonomous underwater vehicles which are heavily dependent on acoustic systems. In shallow water, acoustic techniques are used in the study of sediment transport processes, important for assessment of coastal erosion.

Industry and Technology

Sensors, and the instrumentation used to produce meaningful outputs from them, underpin all acoustic measurements, starting with the realization and dissemination of the primary standard and finishing with hearing assessment, noise measurement or a description of sound quality. In many cases, the drivers for developments in acoustic instrumentation can be addressed through innovation in sensors and instrumentation. In this respect there is great potential to exploit synergies with the consumer product sector, where the demand for microphones now exceeds 2 billion units each year. With the proliferation of low-cost sensors, there is now scope for active management of the acoustic performance of sophisticated items and wireless, autonomous and intelligent operation. For example condition monitoring of machinery, vehicles, rail infrastructure and even domestic appliances could be implemented to maintain the acoustic performance designed into products, optimizing operating efficiency or simply monitoring the level of noise produced. These applications demand new metrology such as remote self-calibration of sensors and sensor networks, acoustic signature recognition and decision making based on multiple parameters.

Increasingly, the acoustic performance of products is becoming a distinctive added-value feature. Examples include luxury cars, laptop computers, and domestic products such as vacuum cleaners, fans, washing machines and lawn mowers. The first measurement consideration was the sound power produced by the product, but acoustic considerations have now evolved and its *perceived* quality is becoming increasingly important. Such applications are still unusual and create the demand for alternative metric types relevant to perception.

Industrial applications of ultrasound are extensive, where it is commonly applied as a means of bringing about macroscopic changes in materials, either within the bulk or at surfaces. Ultrasonic cleaning is the most widespread application of industrial ultrasound and such technology is used for the cleaning of surgical and dental instruments. There is a need for broadband measurement methods capable of spatially resolving non-uniformities in acoustic field distributions, and to underpin improved understanding of influencing factors. This will enable high-power ultrasound to be further applied in an economically viable way in a wide range of technical fields in industries such as food (crystallization control, pasteurization), pharmaceuticals (particle size control) and biofuel production.

The areas of vibration measurement, such as automotive, aerospace and testing, have not changed drastically over the last decade. However, new requirements are growing within these stakeholder groups and demands are expected for angular vibration (automotive safety) and shock acceleration measurements over an extended range.

The emerging metrological activity in the field of dynamic measurement of mechanical quantities, like force and torque, has revealed a whole new area where linear and angular acceleration become base quantities for traceability of the derived quantities. One well known area is automotive crash testing for which dynamic measurements are essential. Although widely accepted international standards exist, the results are in many cases not strictly comparable due to the lack of appropriate calibrations and in-depth understanding of the dynamic metrology. The metrology infrastructure currently in place for dynamic mechanical quantities, namely vibration and shock, lags a long way behind that established for acceleration measurements. The BIPM Workshop on Metrology for Dynamic Measurement, held on 15-16 November 2012, identified that collaboration with other Consultative Committees would be of benefit to harmonize terminology and uncertainty estimates.

A substantial underwater acoustics industry supports off-shore applications. In oil and gas, there is a clear trend toward working in deeper water as the shallower coastal waters become heavily exploited. This is setting new challenges for acoustic systems required to work at greater depths and over larger ranges. In particular, hydrophones and materials are required with consistent acoustic performance over a range of different water temperatures and depths.

Society and Safety

Noise produced by a variety of sources such as transportation (road, rail, air), industrial plant and wind farms, neighbourhood noise, sports and entertainment venues, is also detrimental to the environment and quality of life. Many processes described in national and regional noise directives are repeated every five years providing scope for ongoing improvement in the mandates. One criticism is that its results bear little resemblance to the noise levels experienced at a given location at any particular time. It has been further criticized for relying totally on prediction with no requirement for validation by actual measurement. This is due to the costs of employing existing technology. New metrology for cost-effective and widespread distributed noise measurement is needed to redress this deficiency.

Requirements for traceability and mutual recognition of measurement results are needed for workers' safety. The human response to mechanical vibration, where a dose concept is applied, represents one issue, and hearing is commonly put at risk from excessive exposure to man-made noise. Measures to reduce these hazards impose huge expenses annually. The widespread screening of work-force or personal noise dose-monitoring will demand new approaches and innovative instrumentation.

Low-frequency vibration transducers are widely used for monitoring earthquakes. The demand for earthquake monitoring systems has increased following a number of major seismic incidents. Special sensors provide traceability to thousands of seismometers and hundreds of observation stations in the Global Seismographic Network which provide an immediate alert to the population, demanding calibrations at ultra-low-frequencies.

Underwater acoustic technology is employed for the protection of ports and harbours from mines and potential terrorist threats.

CCAUV Data

CCAUV set up in 1998

President: J. Valdés

Executive secretary: S. Picard

Membership:

17 members and 15 observers

Meetings since the 24th CGPM meeting:

13-14 June 2012 / 29-31 October 2013

Three Working Groups:

- Key Comparisons (KCWG)
- RMO Coordination (RMOWG)
- Strategic Planning (SPWG)

CCAUV Comparison activity	Completed	In progress	Planned [2015-2018]
CCAUV key comparisons (and supplementary comparisons)	13	3	4
BIPM comparisons	0	0	0
CC pilot studies	1	0	3
CMCs	1084 CMCs in 51 service categories registered in the KCDB		

The President of the CGPM thanked Dr Usuda and invited questions. There were none.

38. 'On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement' (Draft Resolution E)

Dr Alan Steele (Canada) presented the background to Draft Resolution E 'On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement'. He commented that the CIPM MRA is one of the biggest successes of the metrology community and that he is a member of the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) which is the administrative body that oversees the coordination of the CIPM MRA among the RMOs. He commented that the product of metrology is confidence, reliability and traceability in measurements, and recalled that the presentations made during the meeting have mentioned evidence-based regulations, trade agreements and safety and security measures; the evidence in all of these areas is measurement. Metrology is the basis for this entire infrastructure in a technological society. Recognizing each other's competence and capabilities is at the core of transparency, interoperability and trade. The CIPM MRA seeks to provide for the mutual recognition of both national measurement standards and for the calibration and measurement certificates offered by national laboratories that offer these services. It is an underpinning document that opens the door to the national quality infrastructure that implicates accreditors (e.g. ILAC) and developers of standards (e.g. ISO). The CIPM MRA is implemented in accordance with the SI and within recognized methods. It was signed initially on 14 October 1999 by NMI directors and has grown significantly since then. This growth is one of the successes of the CIPM MRA; it now covers much of the world with signatories from 53 Member States, 39 Associates and four international organizations and the participation of 152 Designated Institutes.

The CIPM MRA has grown continuously over the last 15 years. As of 20 November 2014, there were 888 key comparisons in the BIPM key comparison database (KCDB), 410 supplementary comparisons and 25 000 published CMCs across the ten disciplines it covers and across all five RMOs. Maintaining the KCDB requires a significant amount of work at the BIPM and the information is made available via a website that is managed by the BIPM. Preparations for a review of the CIPM MRA and an associated workshop began at the meeting of the JCRB in March 2014. The review of the CIPM MRA will encompass the challenges as well as the consequences of its success. Dr Steele noted that although the CIPM MRA can be considered to be an ‘administrative activity’ there has been scientific progress as a result of its operation. The core of the CIPM MRA remains measurement science.

There are five RMOs: the European Association of National Metrology Institutes (EURAMET), the Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions (COOMET), the Asia Pacific Metrology Programme (APMP), the Intra-Africa Metrology System (AFRIMETS) and the Inter-American Metrology System (SIM). These RMOs have benefitted from their participation in the CIPM MRA through the deep scientific and administrative collaboration. The CIPM MRA has allowed metrologists to go beyond working with each other and the implications of what they do are spreading far and wide. There is also an external community of quality infrastructure that includes ILAC for accreditation, the OIML for legal metrology and ISO for standards development and this is all under the umbrella, from the metrology standpoint, of what is done, published and shared in the KCDB. External people are starting to see the importance of measurements as a foundation to their work. This is a result of the metrology community becoming part of the wider world through the CIPM MRA. A significant impact of the CIPM MRA has therefore been enhanced awareness of metrology. For the regions, particularly through the involvement of institutes from Associates, the international metrology community is being expanded. This helps the BIPM to achieve its mission of world-wide comparability of measurement.

The CIPM MRA has been a great success but is becoming a victim of its own success. The KCDB has grown to become very large and detailed and is a high-demand system that demonstrates how well the metrology community operates. It is now time to take stock to consider whether future effort and investment to maintain such a good product needs to be as deep, expensive and time-consuming as the effort it took to get to this point and to understand what streamlining for efficiency might entail.

Dr Steele introduced Draft Resolution E, the full text of which is available in the *Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)* (see Appendix A). He commented that Draft Resolution E was developed in the context of planning for a workshop in October 2015 that will include a broad discussion on what works well in the CIPM MRA and what needs to be updated. A review will then be carried out according to Draft Resolution E.

The President of the CGPM thanked Dr Steele and invited questions.

Dr Bock (Switzerland) commented that there was an error on one of the slides shown during Dr Steele’s presentation. He pointed out that the signatories to the CIPM MRA are not States; signatories to the CIPM MRA are NMIs. He noted that this is an important distinction since the delegates to the CGPM, which is a diplomatic conference, are representatives of their respective governments and not NMIs. Dr Bock commented that this distinction raises the question of why the delegates at the CGPM, as non-signatories to the CIPM MRA, are being asked to pass a resolution on the subject. Although some of the delegates at the CGPM are representatives of their NMIs, there are many that are not. The CGPM should only be asked to support Draft Resolution E if the CIPM MRA were to be integrated into the Metre Convention, but this would require another process. He

commented that this did not mean that he does not support the initiative to review the CIPM MRA. Changes are necessary, but at the meeting of NMI Directors and State Representatives in 2012, there was a joint presentation by representatives from the PTB and NIST about changes that should be considered. He expressed his disappointment about what has been done in this respect and that the JCRB could have done more. Dr Bock noted that he is unhappy with the current wording of Draft Resolution E. At the moment it contains no mention of the RMOs and it is crucial that they are on-board for the review process. Also, if it is necessary that the JCRB is to be encouraged to undertake the review, it would need a clear direction and a date for completion.

Dr Steele replied that the CIPM MRA is an instrument of the treaty through which the mission of the BIPM and the collective spirit of building world-wide uniformity of measurement has been carried out. The most significant area of growth has been through the signing of the CIPM MRA by institutes from Associate States and economies. The JCRB has not fully revealed the progress it has made on examining the processes and mechanisms by which it brings forward the credible measurement results to the KCDB. However, a comprehensive review has already begun to streamline the process. Each of the individual Consultative Committees, which are responsible for the inter-regional technical review of the CMCs, had been invited to examine its current practices and to look for opportunities to streamline these practices and then to share the findings. This was discussed at the ‘Workshop on Best Practices in CMC Reviews’ that was held at the BIPM in March 2013. The JCRB has also introduced several mechanisms to avoid making the review process more complicated, including the development of improved guidance documents. Dr Steele noted that although the RMOs are not explicitly mentioned in Draft Resolution E, they have been included via mention of the JCRB. He also noted that the Associates are implicated and involved in the work of the CIPM MRA through the RMOs. The RMOs are the drivers for the success of the CIPM MRA. Regarding the timeline for the review process, the workshop scheduled for October 2015 will launch the review.

Dr Weritz (Germany) commented that when the BIPM was founded in 1875, there were no RMOs. Now they have a defined role in the metrological infrastructure. She suggested that a review of the relationship between the BIPM and the RMOs should be carried out from the strategic perspective, rather than the operational perspective, which is dealt with through the CIPM MRA. Dr Steele replied that the Presidents of all the RMOs are interested in continuing to build their role within the broader context of the Convention. The RMOs cannot sign international conventions but there are other ways to explore more formal interactions and roles. Dr Steele commented that he will discuss this issue at the next JCRB meeting and at the workshop in October 2015.

Dr May commented that Draft Resolution E was drafted by the CIPM and it was presented by Dr Steele on behalf of the CIPM. He recalled that it was the PTB and the NIST that had initially requested the CIPM MRA review. The CIPM has committed to address the CIPM MRA issue at the meeting of NMI Directors and State Representatives at their meeting in October 2015. Dr Steele added that the tone and approach to Draft Resolution E was intended to convey the positive message that much work has been done to streamline the CIPM MRA, but there is still more to do. This approach was taken in broad consultation, with the BIPM and the regions all being involved in the development of Draft Resolution E. The interaction is very strong and the mechanisms by which the BIPM and the RMOs meet and discuss the issues are vibrant. Although there are different challenges in the regions, these will all be taken into account and the outcomes of the CIPM MRA review, particularly a reduction in the effort and expense required to maintain it will be introduced as it enters the next 15 year cycle.

The President of the CGPM thanked Dr Steele.

39. Introduction of the ballot procedure for the CIPM election

Dr Weritz (Germany) introduced the procedure for the CIPM election on behalf of the CIPM *ad hoc* Working Group on Membership. She recalled that Dr May had given a presentation on the proposed new election procedure for the CIPM (see §30) and noted that she was a member of both the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM and the CIPM *ad hoc* Working Group on Membership. She commented that the Member States had expressed a strong interest in being more involved in CIPM elections. Since the CGPM only exists when it is convened, it is proposed that a Committee for CIPM Election (CEC) is established to bridge the time between CGPM meetings and to allow the Member States to be involved in provisional elections and in a timely way before CGPM meetings. There was a request at the 24th CGPM meeting to introduce a new election procedure as quickly as possible. A transitional election procedure was developed and discussed at the meeting of NMI Directors and State Representatives in October 2013. It was suggested that the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM would be tasked to carry out the role of the CEC on an interim basis. The CGPM would now be asked to set up the CEC.

Dr Weritz recalled that the actions taken to prepare a list of candidates according to the new scheme and criteria had previously been described by Dr May. A first request for candidates had been sent in January 2014, followed by a second call in April 2014. These calls resulted in 23 full nominations. The CIPM reviewed the candidates against the criteria and at the end of September 2014, the full list of candidates and their supporting documents were sent to the members of the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM. The CIPM also made a recommendation as to a team of candidates that would best provide the competencies required for the CIPM. The discussion between the *ad hoc* Working Group on Membership and the CIPM led to some changes. At the end of October 2014, the slate recommended by both the CIPM and the *ad hoc* Working Group along with details of all other candidates, was circulated to all Member States. The fact that the candidates not included on the recommended list had not withdrawn their candidatures was welcomed. This gives the delegates at the CGPM a choice in the election, as well as providing a list of candidates for the CIPM and CEC in case a provisional election becomes necessary.

Since all CIPM members had resigned, an election for all 18 seats was triggered. This is a pre-condition to the change to fixed, renewable terms. Previously, the CGPM had only voted for half of the CIPM.

The slate of 18 candidates covered all geographic regions and the larger and smaller economies. The 18 candidates have a range of skills that cover all the scientific disciplines required. It is expected that any re-elected CIPM members that are currently CC Presidents will continue in this role. The CIPM will elect new CC Presidents for any vacancies that arise: this also applies to any vacancies that will arise on the CIPM sub-committees and *ad hoc* Working Groups. The 18 candidates for the new CIPM in aggregate have all of the policy and management knowledge required. The new CIPM will elect its President, Secretary and Vice-Presidents at its first meeting in March 2015. Continuity in policy, direction and supervision is guaranteed among the 18 candidates.

Dr Weritz underlined that the recommended list included a mix of new and experienced candidates: there were six previously elected members, five provisionally elected members and seven new candidates. The RMOs of each candidate on the recommended list were shown, seven were from

EURAMET, four from SIM, one from COOMET, five from APMP and one from AFRIMETS. Dr Weritz noted that the voting procedure will take place during the sixth session.

The President of the CGPM thanked Dr Weritz and invited questions.

Dr Steele (Canada) congratulated the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM; the *ad hoc* Working Group on Membership and its Chair; and the CIPM for this important change in transparency and governance. He noted that this is a welcome change, especially the creation of a mechanism for Member States to participate actively in the election process, particularly in the intervals between CGPM meetings and in preparation for the formal convocation. This represented a remarkable step forward. He went on to note that it is equally important to acknowledge the high level of involvement and to honour the membership of the CIPM that has served to date and to offer best wishes to those people taking on this responsibility on behalf of all Member States.

There were no further questions or comments.

Before the close of the fifth session, Dr Kaarls in his capacity as Secretary of the General Conference commented that any further amendments to the Draft Resolutions should be made available for consideration during the break. He noted that session six will start with approval of the Draft Resolutions and voting will only proceed when this is complete. There will also be two ballots in session six; one for the members of the CIPM and one for the members of the CEC.

The President of the CGPM closed the fifth session.

Sixth session – 20 November 2014 (afternoon)

The President welcomed the delegates to the sixth session on Thursday 20 November and handed over to the Secretary of the CGPM for a number of announcements. The Secretary commented that there were 45 Member States⁴ present at the meeting that were authorized to vote, so an absolute majority of 23 was required for approval of the Draft Resolutions. This did not apply to Draft Resolution D ‘Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019’, which required no votes against for adoption. He suggested that any changes to the Draft Resolutions proposed during the session should be made live on screen. The Secretary noted that the French version of each Draft Resolution is the definitive version.

⁴ The delegation from Iran was not present at the sixth session.

40. Other resolutions proposed by delegates

The Secretary of the CGPM asked if there were any other resolutions proposed by the delegates. There were none.

41. Agreement of final text and voting on resolutions

The draft text of each Resolution is given in the *Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)* Appendix A.

Draft Resolution A ‘On the future revision of the International System of Units, the SI’

Dr Milton read the full text of Draft Resolution A, which included minor changes that had been submitted since the publication of the Convocation.

There were no further comments or changes to Draft Resolution A in French or English, which was unanimously adopted as Resolution 1 ‘On the future revision of the International System of Units, the SI.’

Draft Resolution B ‘On the election of the International Committee for Weights and Measures’

Dr Milton read the revised text of Draft Resolution B.

Dr Steele (Canada) noted that the addition ‘*one per Member State*’ to the clause on the composition of the Committee for CIPM Election could be misleading; if the committee were to be composed of one member per Member State it would consist of 56 members. He suggested that this should be changed to ‘*nine representatives elected from different Member States*’. After a brief discussion the clause was reworded as follows ‘*[The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting, decides that] the Committee for CIPM Election shall be composed of nine representatives, each from a different Member State...*’.

The Secretary of the CGPM asked if there were any objections to Draft Resolution B or abstentions. There was one objection from the Czech Republic.

Draft Resolution B was adopted as Resolution 2 ‘On the election of the International Committee for Weights and Measures.’

Draft Resolution C ‘On the Pension and Provident Fund of the BIPM’

Dr Milton read the text of Draft Resolution C.

Dr Steele (Canada) said that Draft Resolution C should include an acknowledgement of the significant efforts by the CIPM Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health

Insurance and the analysis carried out since the 24th CGPM meeting (2011). He highlighted the considerable amount of work carried out by Dr Bock in terms of the analysis and his expert opinions.

Mr Pirée (Belgium) noted that there was a misalignment between the French and English text concerning references to the BIPM and the CIPM. A typographical error was corrected.

There were no further comments or changes to Draft Resolution C in French or English, which was unanimously adopted as Resolution 3 ‘On the Pension and Provident Fund of the BIPM.’

Draft Resolution D ‘Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019’

Dr Milton read the text of Draft Resolution D.

Mr Brown (USA) noted that Draft Resolution D proposes that the dotation will be increased. He recalled that it had been agreed by the Working Group on the Dotation that the dotation will not increase over the four-year period, so the text should be amended accordingly. He proposed that it should say ‘*[The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting, decides] that the annual dotation of the BIPM, as defined in Article 6, 1921, of the Regulations annexed to the Metre Convention, will be set in such a way that, for those States that are Parties to the Metre Convention at the time of the 25th meeting of the CGPM, it shall be...*’.

Dr Holmes (UK) commented that during discussions at the Working Group on the Dotation it was clear that some of the organizations that might be able to provide support for a Visitor Programme would be able to do so by non-financial means. He suggested that this could be recognized in the Draft Resolution by deleting the reference to ‘financial support’. Dr Milton supported this deletion because any financial support that may be forthcoming is covered in the phrase ‘additional voluntary support of all kinds’. The Draft Resolution was revised accordingly.

The Secretary of the CGPM asked for any further comments on the French and English text. There were none. He introduced the voting procedure for Draft Resolution D.

Dr Bock (Switzerland) made the following statement before the vote took place: “Thank you Mister President. I would like to make a statement and I ask the BIPM to include my comments in the proceedings. On behalf of the Swiss delegation, I would like to give some explanations on our intention to abstain during the final vote on Draft Resolution D on the dotation. It is important for Switzerland that the tasks which are considered important and given priority, and therefore assigned to the BIPM, are financed by all Member States. A significant number of Member States, like Switzerland, expressed a very positive opinion about the proposed Visitor Programme. Despite that support, it has not been possible to include the Visitor Programme in the dotation. The sustained support for this Programme is therefore not guaranteed. This is why the Swiss Confederation cannot support the dotation and will abstain during the vote. Switzerland welcomes the efforts and goodwill of some Member States to find ways to finance the BIPM activities that are of particular interest and that would be cost-shared. The national metrology institute of Switzerland will do all it can to contribute toward these efforts.”

The Secretary of the CGPM recalled that Draft Resolution D required there to be no votes against for its adoption. Before the official vote took place he asked if any of the delegations intended to vote against the resolution: there were no indications that this would be the case. The Secretary carried out the voting process by roll-call of the Member States entitled to vote.

Draft Resolution D was adopted as Resolution 4 ‘Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019’. There were four abstentions: Argentina, Austria, Portugal and Switzerland.

Draft Resolution E ‘On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement’

Dr Milton read the text of Draft Resolution E.

There was a discussion on whether there should be explicit mention of RMOs in Draft Resolution E (See §38), involving comments from Switzerland, the Netherlands, Canada, Germany, Uruguay, Belgium and Spain. There was a consensus that RMOs should be mentioned and Dr Milton proposed that Draft Resolution E should be amended accordingly.

Dr Milton noted a change to the Resolution: the CIPM will establish a ‘working group’ to conduct a review of the implementation and operation of the CIPM MRA after the 2015 workshop, not a ‘sub-committee’.

There were no further comments or changes to Draft Resolution E in French or English, which was unanimously adopted as Resolution 5 ‘On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement.’

42. Election of the CIPM

The Secretary of the CGPM recalled that the voting procedure for the election of the CIPM had previously been described by Dr Weritz (see §39). The Secretary asked Dr Bock (Switzerland), Ms Lagauterie (France) and Ms Gao (China) to act as scrutineers. The ballot papers for both the CIPM and CEC elections were distributed to the 45 delegations present and they were called to vote for the 18 members of the CIPM by roll-call using the ballot box provided.

Dr Bock presented the results of the election of the CIPM. He commented that 45 envelopes had been distributed and received: they contained 45 ballot papers. One envelope contained two ballot papers, one for the CIPM election and the other for the CEC election. The latter had been put in the CEC ballot box. The scrutineers checked that for each ballot paper the vote was for 18 candidates only: one list contained less than 18 candidates. One vote was not valid as the choices could not be identified. The calculation was therefore based on 44 votes. The results were as follows:

For the slate of candidates proposed by the *ad hoc* Working Group on Membership

Candidate	Nationality	Votes
Bowsher, Brian	British	44
Brandi, Humberto	Brazilian	44
Bulygin, Fedor	Russian	42
Buzoianu, Mirella	Romanian	38
Castelazo, Ismael	Mexican	41
Duan, Yuning	Chinese	43
Érard, Luc	French	43
Inglis, Barry	Australian	41
Inguscio, Massimo	Italian	41

Kang Dae-Im	South Korean	44
Liew, Thomas	Malaysian/Singaporean	41
Louw, Wynand	South African	43
May, Willie	American	43
McLaren, James	Canadian	41
Richard, Philippe	Swiss	43
Rietveld, Gert	Dutch	41
Ullrich, Joachim	German	44
Usuda, Takashi	Japanese	44

For the alternative candidates

Bulska, Ewa	Polish	7
Campos, Joachin	Spanish	4
Ince, Ahmet	Turkish	3
Petersen, Jan	Danish	8
Tinchev, Savcho	Bulgarian	3

Dr Bock declared the 18 candidates, as proposed by the *ad hoc* Working Group on Membership, as duly elected to serve on the CIPM.

43. Election of the Committee for CIPM Election (CEC)

The Secretary of the CGPM called the delegations to vote for the nine members of the CEC by roll-call using the ballot box provided. He asked Ms van Spronssen (the Netherlands), Dr Laiz (Argentina) and Dr Armstrong (New Zealand) to act as scrutineers.

Ms van Spronssen presented the results of the election for the CEC. She noted that there were 45 votes and one extra candidate was added to a ballot paper. The votes were as follows:

Candidate	Votes
Brown, Edwin (State Department, USA)	41
Golubev, Sergei (Director of the Department of Metrology, Rosstandart, Russian Federation)	43
Gunn, Robert (National Measurement Office, UK)	44

Lagauterie, Corinne	44
(Ministry of Economy, France)	
Miki, Yukinobu	45
(Director, NMIJ/AIST, Japan)	
Mukhufhi, Ndwakhulu	45
(CEO, NMISA, South Africa)	
Santo, Claudia	45
(Director of the Department of Metrology, LATU, Uruguay)	
Weritz, Friederike	44
(Ministry of Economy, Germany)	
Zhang, Yiqun	44
(Vice-Director, Metrology Department AQSIQ, China)	

There was one extra candidate added to a ballot paper during the voting process:

Popowska, Janina	1
(Vice-President, GUM, Poland).	

Ms van Spronsen declared the nine candidates, as proposed by the *ad hoc* Working Group on Membership, as duly elected to serve on the CEC.

44. Other business

Dr Inglis made the following comments:

As we come to the end of the three days, which have been a very full three days, I would like to thank the outgoing CIPM. It has had a very busy three years and a great deal has been achieved. We have tried to address all of the issues raised at the previous General Conference meetings and I like to think we have delivered. I therefore thank the outgoing members of the CIPM and at the same time offer my congratulations and welcome to the new members of the CIPM. In that regard, I would like to have a short meeting of the new members after we finish, to reflect on where we are heading and what we need to do at the first meeting of the new CIPM. I would like to say a special thank you to the BIPM staff. They have done a wonderful job and this has been a very well organized conference. I have had a lot of feedback from the delegations in this regard. It has run very smoothly and it is a joy to see how the team has come together to run this conference. I would like to pay particular tribute to Ms Céline Fellag Ariouet, Personal Assistant to the Director and Head of the Secretariat and Housekeeping Office, for her enormous efforts. I also thank the Member States for their input and their comments. We brought to you a budget with a zero increase, mindful of the pressures that the various Member States are under. This is your BIPM, it is not ours; it is the Member States' BIPM. A zero increase in the dotation, since

we are absorbing inflation and having committed to an ongoing € 150 000 per year contribution to the Pension and Provident Fund, is effectively a 2 % cut in real terms. I ask the Member States to reflect on this for future CGPM meetings. It is not sustainable to continue this level of cut to the dotation at the same time as initiating new programmes that everyone wants. Although we are experiencing difficult times, please reflect on the future and what sort of BIPM you want as it is not sustainable to continue with those cuts to the dotation.

Finally, I would like to single out one member of the CIPM team. Dr Kaarls has been present at eight General Conferences and he has been Secretary for four of them. He has chosen a time to retire from the CIPM although I suspect that he will not fully retire and will appear in other places. But it has been an outstanding contribution that Dr Kaarls has made and this will be his last CGPM meeting as Secretary, although I doubt it will be his last CGPM meeting. Please join with me to thank him for all the effort he has put in over the years. Bob has been the face of international metrology for many years.

Dr Kaarls thanked Dr Inglis for his kind words. He commented that he has served metrology with pleasure, noting that he has made many friends in many countries. Dr Kaarls added that he has been in metrology for around 50 years and thanked everyone for their cooperation and confidence over that time.

Dr Inglis thanked the delegates again for their contributions and recalled that there has been very active participation from the *ad hoc* Working Group on the Role, Mission, Objectives, Long-Term Financial Stability, Strategic Direction and Governance of the BIPM over the last three years. He commented that the time and effort that has been put in to support the new election process by the *ad hoc* Working Group and the ongoing support for the initiatives taken over the last three years is appreciated.

45. Closure of the meeting

Prof. Taquet, the President of the CGPM, brought the 25th meeting of the CGPM to a close and made the following closing remarks:

In conclusion, I was honoured and pleased to chair this 25th meeting of the CGPM. I was very impressed by the work carried out over the last few years by the BIPM Director, the CIPM President and Secretary, all the Presidents of the Committees, and the BIPM staff. I think that you were right to warmly applaud them. It seems to me that the BIPM is a superb example of what men of science can do together for the benefit of society. The BIPM is one of the oldest so remarkable, so efficient organizations. There are other examples in science. In my field, we have the geological time scale that gathers all the geologists from the world and which is divided in different stages, such as the Oxfordian defined in Oxford, the Devonian in Devon, the Maastrichtian in Maastricht, etc. We also have the example of the Geological Map of the World, with its headquarters in Paris. Geology has no borders and despite countries in conflict, geology has a map which works very well for all countries of the world. It is a reason for optimism. I would like to wish you success in the works to be carried out in the next few years: the next CGPM meeting in four years will be an important meeting. This is why I invite you to hold your meeting in 2018 at the *Institut de France* that will have a state-of-the-art 450-seat auditorium

which will start to be built in a few days. I wish you a good journey home, thank you for coming to France and I wish you all the best.

**Resolutions adopted by the
General Conference on Weights and Measures
at its 25th meeting (2014)**

On the future revision of the International System of Units, the SI

Resolution 1

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

recalling

- Resolution 1 adopted by the CGPM at its 24th meeting (2011), which takes note of the intention of the International Committee for Weights and Measures (CIPM) to propose a revision of the SI that links the definitions of the kilogram, ampere, kelvin, and mole to exact numerical values of the Planck constant h , elementary charge e , Boltzmann constant k , and Avogadro constant N_A , respectively, and which revises the way the SI is defined including the wording of the definitions of the SI units for time, length, mass, electric current, thermodynamic temperature, amount of substance, and luminous intensity so that the reference constants on which the SI is based are clearly apparent,
- the many benefits summarized in Resolution 1 that will accrue to science, technology, industry, and commerce from such a revision, especially from linking the kilogram to an invariant of nature rather than to the mass of a material artefact, thereby ensuring its long-term stability,
- Resolution 7 adopted by the CGPM at its 21st meeting (1999), which encourages work at the National Metrology Institutes (NMIs) that can lead to such a redefinition of the kilogram,
- Resolution 12 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), which outlines the work that should be carried out by the NMIs, the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), and the CIPM together with its Consultative Committees (CCs) that could enable the planned revision of the SI to be adopted by the CGPM,

considering that there has been significant progress in completing the necessary work, including

- the acquisition of relevant data and their analysis by the Committee on Data for Science and Technology (CODATA) to obtain the required values of h , e , k , and N_A ,
- establishment by the BIPM of an ensemble of reference standards of mass to facilitate the dissemination of the unit of mass in the revised SI,
- the preparation of *mises-en-pratique* for the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin, and mole,

noting that further work by the Consultative Committee for Units (CCU), the CIPM, the BIPM, the NMIs and the CCs should focus on

- awareness campaigns to alert user communities as well as the general public to the proposed revision of the SI,
- the preparation of the 9th edition of the SI Brochure that presents the revised SI in a way that can be understood by a diverse readership without compromising scientific rigour,

that despite this progress the data do not yet appear to be sufficiently robust for the CGPM to adopt the revised SI at its 25th meeting,

encourages

- continued effort in the NMIs, the BIPM, and academic institutions to obtain data relevant to the determination of h , e , k , and N_A with the requisite uncertainties,
- the NMIs to continue acting through the CCs to discuss and review this data,

- the CIPM to continue developing a plan to provide the path via the Consultative Committees and the CCU for implementing Resolution 1 adopted by the CGPM at its 24th meeting (2011), and
- continued effort by the CIPM, together with its Consultative Committees, the NMIs, the BIPM, and other organizations such as the International Organization of Legal Metrology (OIML), to complete all work necessary for the CGPM at its 26th meeting to adopt a resolution that would replace the current SI with the revised SI, provided the amount of data, their uncertainties, and level of consistency are deemed satisfactory.

On the election of the International Committee for Weights and Measures

Resolution 2

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

considering

- the provisions of Articles 7, 8 and 9 of the Regulations Annexed to the Metre Convention on the election and composition of the International Committee for Weights and Measures (CIPM),
- the decision made by the CGPM at its 17th meeting (1983), upon recommendation of the *ad hoc* Working Group it had created at its 16th meeting (1979), that the CIPM should – in general – ensure that the candidate is acceptable to his or her government at the time of provisional election,
- Resolution 10 adopted by the CGPM at its 24th meeting (2011) on the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), in which the CGPM invited the CIPM to establish an *ad hoc* Working Group charged with conducting a Review of the role, mission, objectives, long-term financial stability, strategic direction and governance of the BIPM, and to report to the CGPM at its 25th meeting on recommendations from the Review of the *ad hoc* Working Group, actions consequently taken by the CIPM and proposals for additional actions that require the approval of the CGPM,
- the findings and recommendations of the said *ad hoc* Working Group relating in particular to the election and composition of the CIPM,

welcomes

- the revision by the CIPM, at Session II of its 102nd meeting (October 2013), of the principles it follows in making elections, which had been adopted by the CIPM at its 94th meeting (2005),

noting

- Decision 103-08 of the CIPM, adopted by unanimity at Session I of its 103rd meeting (March 2014), on the resignation of all CIPM members to become effective from the start of Session I of the 104th meeting of the CIPM, scheduled for March 2015,

decides that

- beginning with the 25th meeting of the CGPM (2014), CIPM members shall be elected to fixed renewable terms,
- terms will begin at the first CIPM meeting to take place no later than six months after the CGPM meeting at which they are elected, and will end at the beginning of the CIPM meeting that follows the next meeting of the CGPM,
- a Committee for CIPM Election is set up in order to assist the CIPM and the CGPM in the election of CIPM members, being elected and operating in conformity with a procedure to be adopted by the Committee,
- the Committee for CIPM Election shall be composed of nine representatives, each from a different Member State with maximum, intermediary and minimum contributions, with appropriate geographic representation, elected by the CGPM by majority vote, as well as the CIPM President and CIPM Secretary; and that it shall be chaired by one of the Member States' representatives,

- the CGPM shall proceed at each of its meetings to the election of the nine Member States' representatives of the Committee for CIPM Election,

invites

- Member States to participate actively in the CIPM election process.

On the Pension and Provident Fund of the BIPM

Resolution 3

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

recalling

- that the CGPM at its 3rd meeting (1901) established a fund for pensions for the benefit of BIPM staff members,
- article 15 paragraph 2 of the Regulations annexed to the Metre Convention, which states, *inter alia*, that “[a]n annual levy in favour of the Pension Fund may be made from the total fees received by the Bureau”,
- that the CGPM at its 24th meeting (2011) has adopted Resolution 10 on the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM which invited the CIPM to establish an *ad hoc* Working Group to conduct a Review of *inter alia* the long-term financial stability of the BIPM,

recognizing

- that the CIPM established a Standing Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance in 2012,
- the importance of a sustainable pension fund as a mechanism for the BIPM to attract, retain and motivate competent staff,
- the need for the CIPM together with the BIPM to manage the BIPM’s budget and finances to meet its financial obligations towards the BIPM Pension and Provident Fund within the dotation agreed by the Member States,
- that the CIPM has brought increased transparency to the accounts and financial statements of the BIPM Pension and Provident Fund through the adoption of the International Public Sector Accounting Standards (IPSAS),

welcomes

- the measures already taken by the CIPM towards ensuring the long-term financial stability of the BIPM Pension and Provident Fund, especially the amendments that were adopted by the CIPM in 2009 and that entered into force from 1 January 2010, including raising the retirement age and increasing the BIPM staff contribution,
- the work carried out to review and analyze the current assets and liabilities of the BIPM Pension and Provident Fund since the 24th meeting of the CGPM (2011) by the CIPM Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance,

re-affirms

- the decision made at its 10th meeting (1954) to charge the CIPM with the administration of the BIPM Pension and Provident Fund,

invites the CIPM to

- implement its plans to provide sustainability for the BIPM Pension and Provident Fund whilst continuing to examine the longer term liability issue,

- inform Member States about the outcome of actuarial studies on the assets and liabilities of the BIPM Pension and Provident Fund in its regular financial publications and at the next meeting of the General Conference.

Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019

Resolution 4

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

considering

- the increased importance of the work of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to international trade, industrial innovation, monitoring climate change, human health and medicine, food and forensic science in all Member States,
- the recognition of the BIPM as the scientifically expert intergovernmental organization in metrology and the added value and cost efficiency it provides to all Member States in technical and economic terms,
- the manner in which the BIPM is adopting best management practice and improving the efficiency of its operation,

noting

- that Resolution 7 (1979) adopted by the CGPM at its 16th meeting established a principle for the determination of the base dotation,
- Resolution 10 (2011) adopted by the CGPM at its 24th meeting on the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM, and the actions consequently taken and successfully implemented by the BIPM,
- the current world financial situation and the financial constraints Member States are subject to,
- the successful implementation by the BIPM of the recommendation made by the CGPM at its 24th meeting that additional voluntary support be sought to enable additional activities at the BIPM related to its mission,

thanks those National Metrology Institutes that have provided voluntary support of all kinds to the BIPM, in particular by way of secondment of staff to the BIPM,

decides that the annual dotation of the BIPM, as defined in Article 6, 1921, of the Regulations annexed to the Metre Convention, will be set in such a way that, for those States that are Parties to the Metre Convention at the time of the 25th meeting of the CGPM, it shall be:

11 980 000 euros in 2016

11 980 000 euros in 2017

11 980 000 euros in 2018

11 980 000 euros in 2019

urges

- Member States, as well as international organizations, private organizations and foundations to maintain the provision of additional voluntary support of all kinds to support specific BIPM mission-related activities, particularly those that facilitate participation in the activities of the BIPM by those countries without well-developed metrology infrastructure.

On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement

Resolution 5

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

considering

- the relevance and importance of the CIPM MRA as expressed in particular by the CGPM in Resolution 6 (2003) adopted at its 22nd meeting and in Resolution 4 (2007) adopted at its 23rd meeting,
- the appreciation and support expressed by all interested parties for the CIPM MRA since its entry into force more than fifteen years ago,
- the positive social and economic impact of the CIPM MRA in providing for the mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates,

noting

- that after fifteen years of successful operation of the CIPM MRA, there is a need to review its implementation and operation,
- that the activities carried out under the CIPM MRA are of direct relevance to the role, mission and objectives of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM),
- the unique and distinct role of the Regional Metrology Organizations (RMOs) within the activities of the CIPM MRA, through the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) and for the Associates of the CGPM,
- the improvements being made within the existing framework including the strategic planning of comparisons and ongoing streamlining of processes,
- a workshop planned for 2015 to engage in a broad discussion of the CIPM MRA, involving: Directors of National Metrology Institutes, Member States representatives, representatives of RMOs and other relevant stakeholders concerning the benefits of the CIPM MRA, as well as establishing views on what works well, and what needs to be improved regarding its implementation,

invites

- the Consultative Committees and the JCRB to continue their ongoing efforts to streamline operations within the existing framework, and to prepare for and contribute to the wider review in 2015,
- the CIPM to establish a working group under the chairmanship of its President, with membership to be determined at the 2015 workshop, to conduct a review of the implementation and operation of the CIPM MRA,

reaffirms

- its recommendation that the principles of the CIPM MRA be included in intergovernmental agreements as appropriate,

encourages

- all signatories of the CIPM MRA to support the activities and work of the working group on the CIPM MRA.

Appendix A

Convocation of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)

The General Conference on Weights and Measures is convoked for its 25th meeting for

Tuesday 18 November 2014 at 9:30

at the **Palais des Congrès de Versailles**,
10 rue de la Chancellerie,
78000 Versailles, Yvelines, France.

Constitution of the General Conference on Weights and Measures

Metre Convention (1875): Article 3*

“The International Bureau** shall operate under the exclusive direction and supervision of an *International Committee for Weights and Measures****, itself placed under the authority of a *General Conference on Weights and Measures*****, consisting of the delegates of all the contracting Governments.”

Regulations annexed to the Metre Convention (1875): Article 7*

“The General Conference, mentioned in Article 3 of the Convention, shall meet in Paris, on the convocation of the International Committee at least once every six years.

Its mission is to discuss and instigate measures necessary for the propagation and improvement of the metric system as well as to approve new fundamental metrological determinations that might have been made in the interval between its meetings. It receives the Report of the International Committee on work accomplished and proceeds by secret ballot to the renewal of half of the International Committee.

Votes at a General Conference are made by States, each State has the right to one vote.

Members of the International Committee have a seat as of right at meetings of the Conference; they may, at the same time, be delegates of their Governments.”

* BIPM translation.

** Often referred to in this document as BIPM or International Bureau of Weights and Measures.

*** Often referred to in this document as CIPM or International Committee.

**** Often referred to in this document as CGPM or General Conference.

Place and dates of sessions of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)

All the sessions of the CGPM will take place at the

Palais des Congrès de Versailles
10 rue de la Chancellerie, 78000 Versailles, France

with simultaneous interpretation in French and English.

First session,	Tuesday 18 November 2014	from 9:30 to 12:30
Second session,	Tuesday 18 November 2014	from 14:00 to 17:30
Third session,	Wednesday 19 November 2014	from 13:00 to 17:30
Fourth session,	Thursday 20 November 2014	from 9:00 to 12:00
Fifth session,	Thursday 20 November 2014	from 13:30 to 16:00

The General Conference Working Group on the Dotation of the BIPM will meet at the Palais des Congrès de Versailles on Wednesday 19 November 2014 from 9:00 to 12:00.

The laboratories of the BIPM will be open to Delegates to the General Conference on Monday 17 November 2014 starting at 14:00.

An informal meeting chaired by the CIPM President on the BIPM Work Programme and corresponding Dotation will be held at the seat of the BIPM on Monday 17 November 2014 at 9:30. The CIPM President will define a list of representatives of Member States with maximum, intermediary and minimum contributions, properly balanced to represent all regions to participate in this informal meeting and in the meeting of the Working Group on the Dotation of the BIPM which will be held during the CGPM meeting. Once the list of Member States that have been invited and have confirmed their participation has been published on the BIPM webpage at www.bipm.org/en/cgpm-2014/preparatory-meeting.html, there will be provision for a limited number of additional participants. Should representatives of States not specifically invited wish to attend the meeting they may approach the CIPM Secretary, Dr Robert Kaarls (e-mail: rkaarls@euronet.nl), once the list of invited States whose representatives have accepted has been published. For further general information on the informal meeting, Member States are kindly invited to contact the CIPM Secretary, Dr Robert Kaarls, and to consult the following BIPM webpage:

www.bipm.org/en/cgpm-2014/preparatory-meeting.html. Please note that in order to accommodate the meeting and ensure effective discussion, participation from any one State should be limited to a maximum of two people.

The full programme and other relevant documentation can be found on the following BIPM web page, which will be updated with the latest information and documentation during the preparation of the General Conference: <http://www.bipm.org/en/cgpm-2014/>.

Delegates from Member States are requested to let the CIPM know as soon as possible of any proposals they would like to submit to the General Conference, so that they may be distributed to all Member States. In accordance with the decision taken by the CGPM at its 24th meeting (2011) Delegates should submit any proposals not less than four months prior to the 25th CGPM meeting. Proposals received in this way will be circulated to all Member States not less than two months prior to the 25th CGPM meeting.

May 2014

For the International Committee for Weights and Measures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

The Secretary,
R. Kaarls

The President,
B. D. Inglis

Provisional agenda of the General Conference on Weights and Measures (25th meeting)

- 1 Presentation of credentials by Delegates
- 2 Opening of the meeting
- 3 Address by His Excellency the *Ministre des Affaires Etrangères de la République Française*
- 4 Reply by the President of the CIPM
- 5 Address by the President of the *Académie des sciences de Paris*, President of the General Conference
- 6 Nomination of the Secretary of the General Conference
- 7 Establishment of the list of Delegates entitled to vote
- 8 Approval of the agenda
- 9 Report of the President of the CIPM on the work accomplished since the 24th meeting of the CGPM
- 10 Presentations by representatives of intergovernmental organizations and international bodies
- 11 Report on relations with intergovernmental organizations and international bodies
- 12 Nomination of members of the Working Group on the Dotation of the BIPM
- 13 The future revision of the International System of Units, the SI (See draft resolution A)
- 14 Proposed changes to the procedure of election of the CIPM (See draft resolution B)
- 15 Pension and Provident Fund of the BIPM (See draft resolution C)
- 16 Proposed Work Programme of the BIPM and corresponding dotation
 - 16.1 Proposed Work Programme for the years 2016 to 2019
 - 16.2 Proposed annual dotation (See draft resolution D)
- 17 The CIPM Mutual Recognition Arrangement (See draft resolution E)
- 18 Reports of Presidents of Consultative Committees
- 19 Proposals by Delegates
- 20 Votes on all Resolutions
- 21 Renewal of the CIPM
- 22 Other business
- 23 Closure of the meeting

**List of Draft Resolutions
of the General Conference
on Weights and Measures (25th meeting)**

- A On the future revision of the International System of Units, the SI
- B On the election of the International Committee for Weights and Measures
- C On the Pension and Provident Fund of the BIPM
- D Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019
- E On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement

- **On the future revision of the International System of Units, the SI**

Draft Resolution A

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

recalling

- Resolution 1 adopted by the CGPM at its 24th meeting (2011), which takes note of the intention of the International Committee for Weights and Measures (CIPM) to propose a revision of the SI that links the definitions of the kilogram, ampere, kelvin, and mole to exact numerical values of the Planck constant h , elementary charge e , Boltzmann constant k , and Avogadro constant N_A , respectively, and which revises the way the SI is defined including the wording of the definitions of the SI units for time, length, mass, electric current, thermodynamic temperature, amount of substance, and luminous intensity so that the reference constants on which the SI is based are clearly apparent,
- the many benefits summarized in Resolution 1 that will accrue to science, technology, industry, and commerce from such a revision, especially from linking the kilogram to an invariant of nature rather than to the mass of a material artefact, thereby ensuring its long-term stability,
- Resolution 7 adopted by the CGPM at its 21st meeting (1999), which encourages work at the National Metrology Institutes (NMIs) that can lead to such a redefinition of the kilogram,
- Resolution 12 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), which outlines the work that should be carried out by the NMIs, the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), and the CIPM together with its Consultative Committees (CCs) that could enable the planned revision of the SI to be adopted by the CGPM,

considering that there has been significant progress in completing the necessary work, including

- the acquisition of relevant data and their analysis by the Committee on Data for Science and Technology (CODATA) to obtain the required values of h , e , k , and N_A ,
- establishment by the BIPM of an ensemble of reference standards of mass to facilitate the dissemination of the unit of mass in the revised SI,
- the preparation of *mises-en-pratique* for the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin, and mole,
- awareness campaigns to alert user communities as well as the general public to the proposed revision of the SI,
- the preparation of a new edition of the SI Brochure that presents the revised SI in a way that can be readily understood by a diverse readership,

that despite this progress the data do not yet appear to be sufficiently robust for the CGPM to adopt the revised SI at its 25th meeting,

encourages

- continued effort in the NMIs, the BIPM, and academic institutions to obtain data relevant to the determination of h , e , k , and N_A with the requisite uncertainties,
- the NMIs to continue acting through the CCs to discuss and review this data,

- the CIPM to develop a plan to provide the path via the Consultative Committees and the Consultative Committee for Units (CCU) for implementing Resolution 1 adopted by the CGPM at its 24th meeting (2011), and
- continued effort by the CIPM, together with its Consultative Committees, the NMIs, the BIPM, and other organizations such as the International Organization of Legal Metrology (OIML), to complete all work necessary for the CGPM at its 26th meeting to adopt a resolution that would replace the current SI with the revised SI, provided the amount of data, their uncertainties, and level of consistency are deemed satisfactory.

- **On the election of the International Committee for Weights and Measures**

Draft Resolution B

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

considering

- the provisions of Articles 7, 8 and 9 of the Regulations Annexed to the Metre Convention on the election and composition of the International Committee for Weights and Measures (CIPM),
- the decision made by the CGPM at its 17th meeting (1983), upon recommendation of the *ad hoc* Working Group it had created at its 16th meeting (1979), that the CIPM should – in general – ensure that the candidate is acceptable to his or her government at the time of provisional election,
- Resolution 10 adopted by the CGPM at its 24th meeting (2011) on the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), in which the CGPM invited the CIPM to establish an *ad hoc* Working Group charged with conducting a Review of the role, mission, objectives, long-term financial stability, strategic direction and governance of the BIPM, and to report to the CGPM at its 25th meeting on recommendations from the Review of the *ad hoc* Working Group, actions consequently taken by the CIPM and proposals for additional actions that require the approval of the CGPM,
- the findings and recommendations of the said *ad hoc* Working Group relating in particular to the election and composition of the CIPM,

welcomes

- the revision by the CIPM, at Session II of its 102nd meeting (October 2013), of the principles it follows in making elections, which had been adopted by the CIPM at its 94th meeting (2005),

noting

- Decision 103-08 of the CIPM, adopted by unanimity at Session I of its 103rd meeting (March 2014), on the resignation of all CIPM members to become effective from the start of Session I of the 104th meeting of the CIPM, scheduled for March 2015,

decides that

- beginning with the 25th meeting of the CGPM (2014), CIPM members shall be elected to fixed renewable terms,
- terms will begin at the first CIPM meeting to take place no later than six months after the CGPM meeting at which they are elected, and will end at the beginning of the CIPM meeting that follows the next meeting of the CGPM,
- a Committee for CIPM Election is set up in order to assist the CIPM and the CGPM in the election of CIPM members, being elected and operating in conformity with a procedure to be adopted by the CGPM,
- the Committee for CIPM Election shall be composed of seven representatives of Member States with maximum, intermediary and minimum contributions, properly balanced to represent all regions, elected by the CGPM by majority vote, as well as the CIPM President and CIPM Secretary; and that it shall be chaired by one of the Member States' representatives,
- the CGPM shall proceed at each of its meetings to the election of the seven Member States' representatives of the Committee for CIPM Election,

invites

- Member States to participate actively in the CIPM election process.

- **On the Pension and Provident Fund of the BIPM**

Draft Resolution C

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

recalling

- that the CGPM at its 3rd meeting (1901) established a fund for pensions for the benefit of BIPM staff members,
- article 15 paragraph 2 of the Regulations annexed to the Metre Convention,
- that the CGPM at its 10th meeting (1954) has charged the International Committee for Weights and Measures (CIPM) with the administration of the BIPM Pension and Provident Fund,
- that the CGPM at its 24th meeting (2011) has adopted Resolution 10 on the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM which invited the CIPM to establish an *ad hoc* Working Group to conduct a Review of *inter alia* the long-term financial stability of the BIPM,
- that the CIPM has established a Standing Sub-Committee on the BIPM Pension and Provident Fund and Health Insurance,

recognizing

- that most BIPM staff members cannot benefit from a national social security system and that payment from the BIPM Pension and Provident Fund will be their most important source of income after retirement,
- the importance of a well-funded system for pensions for the employees and former employees of the BIPM,
- the need for the BIPM to be able to attract, retain and motivate competent staff,
- the need for the contributions paid by Member States to continue to support the agreed BIPM work programme (technical and coordination work) whilst allowing the BIPM to meet its financial obligations towards actual and future pensions,
- that the CIPM has brought increased transparency to the accounts and financial statements of the BIPM Pension and Provident Fund through the adoption of the International Public Sector Accounting Standards (IPSAS),

welcomes

- the measures already taken by the CIPM in order to ensure the long-term financial stability of the BIPM Pension and Provident Fund, especially the amendments that were adopted by the CIPM in 2009 and that entered into force from 1 January 2010, including raising the retirement age and increasing the staff contribution,

re-affirms

- the decision made at its 10th meeting (1954) to charge the CIPM with the administration of the BIPM Pension and Provident Fund,

decides

- that the dotation of the BIPM shall be at a level that enables the BIPM to sustain the Pension and Provident Fund in the long term,

invites the CIPM to

- organise a Pension and Provident Reserve Fund (PPRF) as a special class of asset of the BIPM,
- establish a Supervisory Board (SB) for the PPRF, which will *inter alia* carry out actuarial studies on the assets and the liabilities of the PPRF on a regular basis but at least every four years and will advise the CIPM on the basis of the results of these studies,
- ensure that the members of the Supervisory Board are representative of the interests of the relevant stakeholders,
- inform Member States about the outcome of these studies in its regular financial publications and at the next meeting of the General Conference.

- **Dotation of the BIPM for the years 2016 to 2019**

Draft Resolution D

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

considering

- the increased importance of the work of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to international trade, industrial innovation, monitoring climate change, human health and medicine, food and forensic science in all Member States,
- the recognition of the BIPM as the scientifically expert intergovernmental organization in metrology and the added value and cost efficiency it provides to all Member States in technical and economic terms,
- the manner in which the BIPM is adopting best management practice and improving the efficiency of its operation,

noting

- Resolution 10 (2011) adopted by the CGPM at its 24th meeting on the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM, and the actions consequently taken and successfully implemented by the BIPM,
- the current world financial situation and the financial constraints Member States are subject to,
- the successful implementation by the BIPM of the recommendation made by the CGPM at its 24th meeting that additional voluntary support be sought to enable additional activities at the BIPM related to its mission,

thanks those National Metrology Institutes that have provided voluntary support of all kinds to the BIPM, in particular by way of secondment of staff to the BIPM,

decides that the annual dotation of the BIPM, as defined in Article 6, 1921, of the Regulations annexed to the Metre Convention, will be increased in such a way that, for those States that are Parties to the Metre Convention at the time of the 25th meeting of the CGPM, it shall be:

12 220 000 euros in 2016
12 464 000 euros in 2017
12 713 000 euros in 2018
12 968 000 euros in 2019

urges

- Member States, as well as international organizations, private organizations and foundations to maintain the provision of additional voluntary financial support of all kinds to support specific BIPM mission-related activities.

Annex to Draft Resolution D – Temporary Explanatory Notes

- 1) The proposed dotation takes into account the increase in the number of Member States due to the accession of the Republic of Tunisia in 2012, and the Republic of Colombia and Republic of Iraq in 2013. Adjustments due to accession increase the total dotation but do not increase the individual amounts for existing Member States.
- 2) Work is continuing on the scenario modelling. However, the final outcome is not expected to exceed the proposed dotation.
- 3) The baseline used for the calculation is the 2015 dotation voted at the 24th meeting of the CGPM, adjusted for accession of new Member States as explained in 1) above, and subject to a 2.0 % increase per annum.

- **On the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement**

Draft Resolution E

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 25th meeting,

considering

- the relevance and importance of the CIPM MRA as expressed in particular by the CGPM in Resolution 6 (2003) adopted at its 22nd meeting and in Resolution 4 (2007) adopted at its 23rd meeting,
- the appreciation and support expressed by all interested parties for the CIPM MRA since its entry into force more than fifteen years ago,
- the positive social and economic impact of the CIPM MRA in providing for the mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates,

noting

- that after fifteen years of successful operation of the CIPM MRA, there is a need to review its implementation and operation,
- that the activities carried out under the CIPM MRA are of direct relevance to the role, mission and objectives of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM),
- the improvements being made within the existing framework including the strategic planning of comparisons and ongoing streamlining of processes,
- a workshop planned for 2015 to engage in a broad discussion of the CIPM MRA, involving Directors of National Metrology Institutes, Member States representatives and other relevant stakeholders concerning the benefits of the CIPM MRA, as well as establishing views on what works well, and what needs to be improved regarding its implementation,

invites

- the Consultative Committees and the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) to continue their ongoing efforts to streamline operations within the existing framework, and to prepare for and contribute to the wider review in 2015,
- the CIPM to establish a sub-committee under the chairmanship of its President, after the 2015 workshop, to include representation from National Metrology Institutes, to conduct a review of the implementation and operation of the CIPM MRA,

reaffirms

- its recommendation that the principles of the CIPM MRA be included in intergovernmental agreements as appropriate,

encourages

- all signatories of the CIPM MRA to support and participate actively in the activities and work of the sub-committee on the CIPM MRA.

Appendix B

Work Programme of the International Bureau of Weights and Measures for the years 2016-2019

SECTION I: INTRODUCTION

EXECUTIVE SUMMARY

The Work Programme

This document describes a work programme proposed by the CIPM for the BIPM for the years 2016 to 2019. It was developed following the consolidated planning process carried out by the BIPM and the CIPM during 2013 and thus builds on the interactions with NMI Directors and Member State Representatives, and has been the subject of specific consultation within the Consultative Committees as well as the CIPM itself.

It includes several new features:

- A thematic approach for the formulation of projects in chemical and ionizing radiation metrology
- A single physical metrology theme for mass and electricity projects to increase the flexibility of staff deployment and give a single focus for the watt balance project
- International coordination work combined into a single theme across departments
- Greater clarity between the work done by the Time Department in support of UTC and timescales, and that done as the wider support to the scientific community.

Highlights

The programme includes projects in physical metrology and time metrology that include the following new activities:

- The coordination of a comparison of primary realizations of the kilogram (ahead of the new definition) followed by bilateral key comparisons thereafter.
- Provision of travelling AC Josephson voltage standards for comparisons.
- Realization of the quantum Hall effect in graphene to replace GaAs as the basis of a new travelling standard
- Coordination of a key comparison of capacitance.
- Contributing to the comparison of optical standards with the highest accuracy over all distances, in view of their future use for the improvement of TAI and as a basis for consideration of a redefinition of the SI second.

In the thematic programme, which addresses grand challenges for metrology, new high-priority measurands are proposed in comparisons of:

- ozone standards for surface ozone monitoring,
- selected standards for air quality monitoring,
- priority gas standards for climate change assessment,
- organic primary calibrators for clinical chemistry and laboratory medicine, food analysis, environmental analysis, forensics and pharma.
- X-ray radiation quantities widely used in radiotherapy and radiodiagnostics.
- γ -ray and electron beams widely used at radiotherapy and/or radioprotection levels, and serving as reference for the calorimetric measurements in high-energy photon beams (medical accelerators).
- reference air kerma for High Dose Rate (HDR) sources used worldwide in brachytherapy applications.
- γ , β and α emitters widely used in nuclear medicine or appearing in the nuclear cycle or environmental monitoring.
- short-lived γ -emitting radionuclides of interest in nuclear medicine and positron emission tomography (PET).

The level of participation in the proposed work programme is given in the table below:

	Projected numbers of NMI and DI participations in comparisons coordinated by the BIPM	
	2013-2015	2016-2019
Mass	16	9
Electricity	21	45
Time*	73	80
Ionizing Radiation	45	59
Chemistry	115	176
Total	270	369

* the participants indicated for the Time Department are those that participate in the monthly determination of UTC.

Basis for costing

Each project is presented together with the resources necessary to deliver it expressed in terms of person months (of BIPM staff and visiting staff), the operating costs and the estimated investment costs. The draft also includes a number of alternative projects.

The assumptions underlying these costings are consistent with the long-term financial plan developed for the BIPM and discussed at the meeting of NMI Directors and Member State Representatives in October 2013. In summary, the key assumptions are:

- The number of full and part-time staff employed at the BIPM remains the same as at the end of the 2013-15 work programme. After that date staff retiring from the BIPM will not be replaced except those necessary for the operation of the BIPM or the delivery of specialized tasks that cannot be performed by other BIPM staff.

- The level of investment (e.g. in scientific facilities and buildings) remains at the 2015 level corrected for estimated inflation.
- The number of visiting scientists working at the BIPM remains at the level of the 2013-2015 Work Programme. (A proposal to increase the number of visiting scientists above this level is introduced below.)
- An updated version of this draft with additional information about the projected costs, including the operational costs of the BIPM will be available (in the 3rd quarter of 2014).

Proposal for the BIPM Dotation for 2016 to 2019

The CIPM will refine this draft Work Programme in response to comments and submit its final proposal for the BIPM Work Programme to the CGPM. The BIPM is also developing a proposal to increase the number of opportunities for visiting scientists. This will address the widely-supported view that the BIPM should increase the resources available to work on its programme by increasing the number of visiting scientists.

The dotation needed to support this work programme with the increased number of visiting opportunities is required to increase by 2% during each year of the programme. (This sum takes account of a base level that includes: contributions from new Member States, subscriptions received from Associates of the CGPM and other income including that which covers the costs incurred in supplying specific specialized services).

Consultation and Timescale

This draft work programme has been reviewed by the CIPM. This review took account of the Consultative Committee (CC) strategies and comments submitted by representatives of Member States and NMI Directors following their meeting in October 2013. This led to an initial prioritization based on the Mission, Role and Objectives of the BIPM and focuses on those activities that are best delivered on behalf of the international metrology community by the BIPM. These take advantage of the BIPM's ability to carry out technical activities in its laboratories and international coordination work on a cost-shared basis between Member States.

The projects identified as being of the highest priority by the CIPM are presented here, together with some alternative projects.

Comments are invited from representatives of Member States and NMI Directors. Comments are particularly solicited on:

- Whether the balance of work between areas addresses the highest priorities.
- The list of priority projects within each area of work and whether any of the alternative projects are to be preferred (indicating which project(s), currently shown as a priority, should be considered to be of lower priority).

The current document is provided for review and comment amongst Member States. In September 2014, the BIPM will prepare a "near-final" version of the Work Programme which will be translated into French and distributed for discussion at the 25th CGPM in November 2014.

THE MISSION AND ROLE OF THE BIPM

The BIPM is an intergovernmental organization established by the Metre Convention, through which Member States act together on matters related to measurement science and measurement standards.

The mission of the BIPM is to ensure and promote the global comparability of measurements, including providing a coherent international system of units for:

- Scientific discovery and innovation,
- Industrial manufacturing and international trade,
- Sustaining the quality of life and the global environment.

The unique role of the BIPM is based on its international and impartial character enabling it:

- To coordinate the realization and improvement of the world-wide measurement system to ensure it delivers accurate and comparable measurement results.
- To undertake selected scientific and technical activities that are more efficiently carried out in its own laboratories on behalf of Member States.
- To promote the importance of metrology to science, industry and society, in particular through collaboration with other intergovernmental organizations and international bodies and in international forums.

The unique role of the BIPM enables it to achieve its mission by developing the technical and organizational infrastructure of the International System of Units (SI) as the basis for the world-wide traceability of measurement results. This is achieved both through technical activities in its laboratories and through international coordination.

THE OBJECTIVES OF THE BIPM

- To establish and maintain appropriate reference standards for use as the basis of a limited number of key international comparisons at the highest level.
- To coordinate international comparisons of national measurement standards through the Consultative Committees of the CIPM; taking the role of coordinating laboratory for selected comparisons of the highest priority and undertaking the scientific work necessary to enable this to be done.
- To provide selected calibrations for Member States.
- To coordinate activities between the National Metrology Institutes (NMIs) of Member States, such as through the CIPM MRA¹, and to provide technical services to support them.
- To liaise as required with relevant intergovernmental organizations² and other international bodies³ both directly and through joint committees⁴.
- To organize scientific meetings to identify future developments in the world-wide measurement system required to meet existing and future measurement needs in industry, science and society.
- To inform, through publications and meetings, the science community, the wider scientific public and decision makers on matters related to metrology and its benefits.

¹ The CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) is coordinated jointly by the BIPM and the Regional Metrology Organizations.

² Examples of intergovernmental organizations in liaison with the BIPM are: OIML, IAEA, WMO and WHO.

³ Examples of other international bodies in liaison with the BIPM are: ILAC and ISO.

⁴ Examples of joint committees are the Joint Committee on Guides on Metrology and the Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine.

IMPACT OF THE WORK PROGRAMME AND THE BENEFITS FOR MEMBER STATES

Impact of the global metrology system

The global metrology system is the technical and administrative infrastructure maintained by the National Metrology Institutes (NMIs) in collaboration through the Regional Metrology Organizations (RMOs) and the BIPM that enables a comparable basis for measurements around the world. It benefits Member States because it creates an internationally agreed framework within which the equivalence of measurements made in different states can be demonstrated. Additionally, involvement in the system provides a benchmark for the performance of NMIs and supports national agendas in:

- Scientific discovery and innovation,
- Industrial manufacturing and international trade,
- Sustaining the quality of life and the global environment.

Numerous studies have been carried out by Governments to quantify these benefits and examples from many Member States are accessible through the BIPM website:

http://www.bipm.org/en/practical_info/useful_links/impact.html

Two of the examples given are:

- the economic benefits from public investment in measurement at the national level identified in a UK study showed benefits of 5 000 million pounds for an investment of 40 million pounds. <http://www.berr.gov.uk/files/file32855.pdf>.
- the benefits of the CIPM MRA have been estimated as savings to the NMIs of 85 million euros (<http://www.bipm.org/en/cipm-mra/economic.html>) and a potential impact on reducing technical barriers to international trade of 4 billion euros annually.

Coordination role of the BIPM

The CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) has been in operation since 1999 and has a recognised role in reducing technical barriers to trade as well as driving up standards and performance in NMIs worldwide. NMI Directors from around one hundred states and economies have signed the CIPM MRA, as have four international organizations with a number of other states working towards participation. There are now more than 1 200 comparisons of measurement standards underpinning the CIPM MRA and some 25 000 peer-reviewed entries listing the capabilities of the NMIs (and Designated Institutes) in the publically available database operated by the BIPM. A recent survey of visitors to the database shows that nearly 25% of all “visitors” to the data on comparisons, and nearly 35% of all “visitors” to the data on capabilities are from outside the NMI community. This confirms that the CIPM MRA has growing visibility amongst its wider community of users.

Today, the CIPM MRA forms the foundation of rapidly accessible international recognition of the national measurement standards and of the calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes and other designated institutes. It is an important resource for industry and thousands of calibration and testing laboratories worldwide. The CIPM MRA has recently been adopted as the formal basis for international recognition of measurement traceability by the International Laboratory Accreditation Cooperation. The instances of regulators demanding traceability to the SI through their national laboratory is

reducing as regulators increasingly accept the CIPM MRA as the basis for international recognition of calibration and measurement certificates issued by NMIs. The BIPM Work Programme for 2016 to 2019 will support the implementation of the CIPM MRA following an in-depth review to be conducted in 2015 that will optimize the efficiency and effectiveness with which it is implemented.

In the field of *in-vitro* devices (IVD) the work of the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM), operated by the BIPM in conjunction with the IFCC and ILAC, enables manufacturers to demonstrate compliance with the EU regulations for traceability.

The unique system of Consultative Committees managed by the BIPM brings together the world's experts from many NMIs and a number of intergovernmental organizations. It provides the forum in which decisions about the SI are made. It facilitates knowledge and technology transfer between the NMIs as well as enabling the coordination of the work of the NMIs thereby facilitating cost and time saving.

Laboratory work carried out by the BIPM

The scientific work carried out at the BIPM focuses on the coordination of international comparisons of national measurement standards of the highest priority and undertaking the scientific work necessary to enable this to be done. In this way, the BIPM maintains the specialized equipment and expertise needed to do this on a cost-shared basis. In some cases, this requires it to establish and maintain appropriate reference standards. As a result of this work, the BIPM often has the capability to provide selected calibrations for Member States.

Examples of the benefit of this work are that all Member States can:

- Be provided with calibrations of platinum-iridium mass prototypes free of charge. The BIPM is also the unique provider of platinum-iridium mass prototypes, which are a key element in the highest level dissemination of the kilogram.
- Contribute data to the generation of the world time scale, UTC, thus obtaining traceability to the SI second. They then benefit from having national time scales that are consistent with the world time scale.
- Receive direct on-site comparisons of high-energy photon beams used in clinical accelerators. Hence, Member States can benefit from sharing the cost for SI traceable radiotherapy, radio-diagnostics and radioprotection dosimetry.
- Receive direct on-site comparisons of short-lived radionuclides for nuclear medicine in therapy and diagnosis, as well as for nuclear safety and environmental monitoring.
- Participate in comparisons with the unique traveling electrical standards operated by the BIPM which are the only way of comparing national quantum-based standards of voltage and resistance at the highest level. Additionally, Member States without Josephson Junction voltage or quantum Hall resistance standards benefit from calibrations using the BIPM's standards;
- Underpin NMI capabilities for pure organic calibrators, covering organic compounds (of mass from 100 Da to 10 kDa) thereby establishing the traceability of measurement results in clinical, environmental, food, forensic and pharma

application areas. This is possible through the BIPM's coordination of international comparisons in organic chemical analysis.

- Ensure the performance of National Standards at a level required for: long-term monitoring of carbon dioxide and methane in air (the two major greenhouse gases) as well as monitoring of ozone and nitrogen oxide species (two major air pollutants and the focus of air quality objectives for the protection of human health). This is possible through the BIPM's coordination of international comparisons of standard gas mixtures.

In summary, all Member States of the BIPM have access to the facilities, services and the know-how of an internationally recognized, fully neutral and independent top level metrology laboratory.

International liaison work of the BIPM

Many intergovernmental bodies and international organizations depend on sound measurements to execute their mission. Some, such as OIML, ILAC and ISO, along with the BIPM and the wider international metrology, form part of the integrated quality infrastructure community and close institutional cooperation is clearly essential. Other bodies rely to a greater or lesser extent on the metrology infrastructure to execute their missions effectively.

In total the BIPM interacts at institutional or technical level (or both) with some 30 international or intergovernmental bodies, spreading measurement best practice and promoting the use and benefits of the worldwide metrology infrastructure.

The BIPM has established a long-term strategy for its international liaison work in which the liaisons are classified into long-term institutional liaisons (typically at a level where individual NMIs do not have access) and 'door opening' liaisons (where NMI experts could be present, but are not, usually because of a lack of awareness of the value of SI traceability). In this second case the role of the BIPM is one of providing specific technical expertise to demonstrate credibility, whilst convincing the liaison organization of the value of engagement with the international metrology community. When this has been achieved, and the NMI community and infrastructure is appropriately engaged, the BIPM is able to reduce its involvement.

A prime example of this strategy being implemented is with the World Meteorological Organization. In the early 2000's, recognizing the need for standardized, accurate and reliable data in the fields of meteorology, hydrology and other related geophysical sciences the BIPM and the WMO agreed to work together. The agreed aim is to ensure that data coming from the programmes organized under the auspices of the WMO are properly based on measurement units traceable to the SI. Cooperation was accelerated by a joint workshop in 2010 leading to a series of joint recommendations, during which the WMO signed the CIPM MRA. The WMO and its stakeholders now interact directly with the wider NMI community. This example demonstrates the leverage available to the BIPM as an intergovernmental body and its strategic role in advocating the global comparability of measurements amongst international organizations

THE BIPM WORK PROGRAMME DEVELOPMENT PROCESS

The process used to develop this draft work programme is quite different to that used previously, and has involved the following steps:

1. The Mission, Role and Objectives of the BIPM were reconsidered by the CIPM and comments from Member States and NMI Directors were received and reviewed.
2. The Consultative Committees (CCs) of the CIPM prepared their own strategies, which were evaluated to ensure that they addressed the highest priorities for “metrology around the world”.
3. Activities identified by the CC strategies were evaluated to determine whether they justified support from the BIPM work programme.
4. In parallel with step 3, the technical capability developed in the BIPM laboratories was reviewed against the criteria in the following section in order to validate the rationale for BIPM operating laboratories in some areas, but not in others.
5. This draft Work Programme was developed by the BIPM and submitted to the CIPM to set priorities for those projects with the highest impact.

Finally, this draft Work Programme is open to comment and review prior to the preparation of a “near-final” version for presentation to the 25th CGPM in English and French.

In addition to these five steps, which led to a set of proposed projects, the development of the strategy for the BIPM identified the growing importance of visiting scientists to the successful delivery of the BIPM’s mission. These individuals bring expertise to the BIPM and contribute to the delivery of the BIPM work programme. In return they are given a unique opportunity to work at the hub of the global metrology system and are able to broaden their perspective, as well as gain and take back experience from working on technical and scientific projects. The support of NMIs in sponsoring these opportunities has played an increasingly important role in recent years.

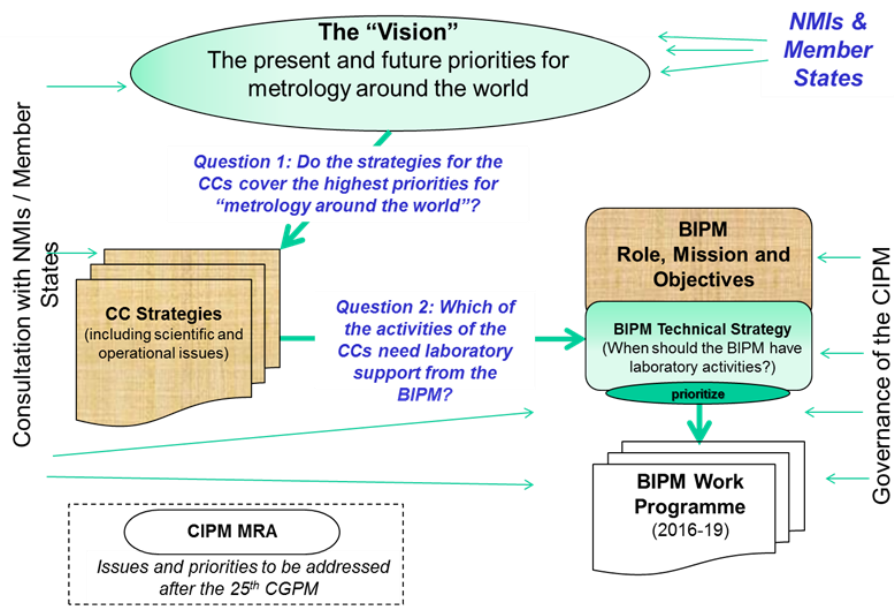


Figure 1: Schematic of the Work Programme Development

RATIONALE FOR THE BIPM LABORATORY PROGRAMME

Why does the BIPM have technical capability/laboratories in one area and not another?

During the strategic planning exercise that underpinned development of the BIPM work programme it was recognized that it would be useful to better articulate the rationale for the BIPM to maintain laboratory capabilities in certain areas (Mass, Electricity, Time, Ionizing Radiation and Chemistry) but not others (Acoustics, Length, Photometry and Radiometry, Thermometry). The Mission, Role and Objectives of the BIPM provide the underpinning decision basis.

Acoustics, Ultrasound and Vibration	Electricity and Magnetism	Length	Mass and related quantities
<p>Application of metrology - in new areas well suited to being addressed in the research programmes of the NMIs.</p> <p>No BIPM laboratory programme</p>	<p>Fundamental area of modern physical metrology, core to many other fields of metrology (e.g. all other measuring systems produce/use electrical signals, watt balances are based on electrical quantum standards, highest accuracy thermometry depends on resistance measurements).</p> <p>Comparisons of quantum devices require specialized and dedicated travelling equipment e.g. travelling Josephson and quantum Hall standards; comparing quantum standards requires special expertise.</p> <p>Experience with transportable standards does not exist at the NMIs.</p> <p>Realization of capacitance is difficult. Calculable capacitor supports new SI though R_K determination subsequently strengthens on-going comparison and calibrations for capacitance.</p> <p>BIPM laboratory programme</p>	<p>Whilst dimensional metrology is core to many fields, the measurement methods are mature. Traceability to SI realization generates negligible uncertainties in most applications.</p> <p>Realizing the metre and piloting comparisons in the field of dimensional metrology are activities that are relatively mature, comparability largely demonstrated Comparison of frequency combs may, however, be needed in the future to ensure traceability to absolute wavelength measurements.</p> <p>No BIPM laboratory programme</p>	<p>Mass: The international prototype of the kilogram (IPK) providing requires a central and neutral laboratory for long-term maintenance and global dissemination in order to provide global traceability.</p> <p><i>After redefinition:</i> traceability to the SI unit of mass will be based on multiple primary realizations obtained with complex experimental facilities including the BIPM watt balance, which will require comparisons to maintain world-wide mass uniformity. In addition their potential small number requires an international and central programme to guarantee continuous access to primary realizations (via BIPM ensemble of reference mass standards and watt balance).</p> <p>BIPM laboratory programme -----</p> <p>Related quantities: Largely applied activities more suited to NMIs.</p> <p>No BIPM laboratory programme</p>

Photometry and Radiometry	Metrology in Chemistry	Ionizing Radiation	Thermometry	Time and Frequency
<p>The field is relatively stable, and the methods mostly mature.</p> <p>Fundamental comparability is achieved at the required levels by NMIs using their cryogenic radiometers. Focus in the field is to make their uncertainty available in a convenient and cost effective way for applications.</p> <p>(Noting recent new lighting sources such as solid state lighting face difficulties in their evaluation).</p> <p>No BIPM laboratory programme</p>	<p>Relatively new area with a short traceability chain.</p> <p>Accurate chemical measurements critically important particularly for Quality of Life, metrology not mature yet and guidance to NMIs invaluable, especially for countries where capabilities are expanding rapidly.</p> <p>Expertise in chemical measurement is essential for effective collaboration with particularly IFCC, WMO, WHO, Codex Alimentarius, etc. The programme has the strong support of all the major NMIs and many developed and developing countries that already have adequate physical metrology infrastructure are expanding their chemical metrology infrastructure.</p> <p>Specialized expertise in gas and organic purity comparison has driven down uncertainties.</p> <p>BIPM laboratory programme</p>	<p>High impact on health (radiotherapy, radiodiagnosics, and nuclear medicine) environment radioactive monitoring (soils, water and atmosphere).</p> <p>Comparisons are difficult (handling radionuclides, short half-lives, radiation beams) and mainly require world-wide unique reference systems (SIR, well established radiation beams and primary standards and dedicated travelling equipment e.g. graphite calorimeter, SIR transfer instrument)</p> <p>Uncertainties directly impact the user community</p> <p>Maintaining a laboratory programme ensures leverage when engaging with stakeholders, particularly IAEA, WHO, IOMP, ICRU, ICRM, ICRP and IRPA.</p> <p>BIPM laboratory programme</p>	<p>Realizing the kelvin and piloting comparisons are mature (noting however that the forthcoming definition of the kelvin makes part of the realization of the unit less mature).</p> <p>Comparability is largely demonstrated.</p> <p>ITS 90 realized comprehensively by many NMIs.</p> <p>No BIPM laboratory programme</p>	<p>Single, unique and independent reference system world-wide.</p> <p>Wide impact (Satellite navigation, telecoms, national timekeeping, earth & space science, time stamping services).</p> <p>Experienced scientists have substantial leverage when representing the NMIs and supporting the SI when engaging with particularly ITU, IAU, IUGG, ICG, IGS, IERS, GNSS (GPS Civil) and URSI.</p> <p>BIPM coordination programme (with some laboratory work)</p>

CRITERIA AND FOCUS USED TO FORMULATE POTENTIAL SCIENTIFIC/TECHNICAL WORK AT THE BIPM.

After establishing those areas that are priorities for a BIPM laboratory capability, the BIPM and CCs reflected on which, of the many competing possibilities, to propose to the CIPM for consideration to include in the BIPM work programme.

An established set of criteria were used to check whether any proposed project is suitable for consideration, in effect establishing a baseline. Proposals for projects failing to meet the criteria are not considered further.

A scientific project at the BIPM must fulfil one or more of the following criteria by:

a) Contributing to the establishment, development and evolution of the SI

The project will lead either to the improvement of the realization of the SI units, or to the development and comparison of reference measurement systems, enabling the realization of SI traceable measurements.

b) Providing international reference facilities

The project will enable the BIPM to provide long-term availability of international reference facilities for use by all Member States.

c) Implementing “mandated” activities

The project will incorporate activities that are conferred to the BIPM through the Metre Convention or specific Resolutions of the CGPM. These are currently:

- the responsibility of the BIPM to “conserve the kilogram... and carry out comparisons necessary to assure the uniformity of measures throughout the world” and
- the BIPM’s role in computing TAI (and UTC).

d) Supporting the international comparison programmes of Consultative Committees

The Metre Convention makes provision for the BIPM to organize and pilot international comparisons. Comparisons piloted by the BIPM will support the Consultative Committee programmes in pilot studies and key comparisons required under the CIPM MRA.

e) Developing improved or next generation measurement standards and comparison capabilities

Projects will allow the BIPM to interact in research activities which are aimed at improving current facilities and capabilities, both at the BIPM and in the NMIs of Member States. Such projects will enable the BIPM to improve or develop new services, new international reference facilities and to lead comparisons in new areas of activity, and generally be foci for secondments to or from, or collaborations with NMIs in Member States.

f) Providing calibration services requested by Member States

The Metre Convention makes provision for the BIPM to provide calibrations to Member States, NMIs and other bodies. The BIPM’s financial or other resources

clearly do not allow it to offer calibrations in all areas, even if it has a laboratory activity which meets one or more of the other criteria set out in this paper. A calibration service developed or maintained by the BIPM (other than mandated services) shall meet the following criteria:

- fulfils the needs of Member States not holding primary standards or maintaining primary measurement methods;
- is based on a BIPM facility that is a spin-off from a project that meets other criteria;
- is used or is expected to be used on a regular basis;
- does not utilize BIPM resources required for higher priority projects, especially when similar services are available from NMIs in Member States.

Sub-projects may provide internal calibrations where this enables other equipment in the BIPM laboratories to be calibrated directly and cost-effectively at the required uncertainties.

g) Developing higher order measurement standards and methods in support of key sectors

To lead to the development of higher order metrological standards and measurement methods for identified key sectors and of a high priority for NMIs in the Consultative Committees.

h) Providing ‘shared cost’ capability when requested by Member States

In some instances it is beneficial for a single capability to be developed or maintained on behalf of the international metrology community on a shared cost basis.

When establishing the work programme for the BIPM, the CIPM considered the individual “per project” criteria detailed above. However, consideration is given to the wider perspective. Some projects are only viable if other capabilities exist (for example the watt balance project requires the availability of a variety of other capabilities at the BIPM). The expertise at the BIPM must be sufficiently deep and broad to effectively engage with the key international and intergovernmental bodies that depend significantly on the metrology infrastructure. Additionally, as previously stated, the CIPM must consider the expertise and capabilities already available at the BIPM; it is not practical nor a wise use of Member State’s resources to try to change entirely the orientation and capability every four years to pursue the latest “hot topic”.

The CIPM considered whether the BIPM is uniquely placed to undertake the work and whether projects are complementary to the activities of the NMIs. The key principle is “Added Value” - there must be a specific reason for the work to be commissioned at the BIPM rather than undertaken by the NMIs. The CIPM also considered whether it is cost effective for the work to be undertaken by the BIPM and if the BIPM will have the necessary resources. Clearly all work proposed must have the support of Member States.

Some aspects of the BIPM’s work are truly unique, for example the conservation of the international prototype of the kilogram, and the calculation of UTC. In other cases the BIPM operates comparison capabilities that are specialist, for example the BIPM travelling

standards for Josephson and quantum Hall, the graphite calorimeter and the transportable transfer instrument, SIRTI, for short-lived radionuclides. There is a benefit to Member States because the costs of the BIPM capabilities are shared, and the BIPM is able to develop specialist skills in conducting comparisons which benefit participating NMIs. In all cases affordability and value for money tests also apply.

SECTION II: BIPM WORK PROGRAMME FOR 2016-2019

The proposal for the BIPM Work Programme for 2016-2019 has been developed using input from the individual CC Strategies, which were formulated during 2012 and 2013 as part of a consolidated planning process, as well as the results of discussions on BIPM activities at the 2013 meeting of Member State Representatives and NMI Directors. As a consequence a new approach has been adopted:

- **A single physical metrology theme** – from the merger of mass and electricity projects
 - Increases the flexibility of staff deployment.
 - Gives a single focus for the watt balance
 - Ensures sustainable measurement services to Member States
- **A “time” theme** – calculating, disseminating and improving the world reference time scales
 - Investigating the benefits of a future redefinition of the second and of time-keeping based on optical clocks.
 - Promoting the importance and benefits of UTC and SI traceability to the international telecommunications, astronomy and earth science communities.
- **A thematic approach for the formulation of projects in chemical and ionizing radiation metrology**
 - Addresses high-priority global issues that have direct routes to impact for society.
 - Provides a coherent approach across technologies that give greater leverage with international stakeholders (primarily the IAEA, ICRM, ICRU, IOMP, WMO and WHO).
- **International coordination work combined into a single theme across departments**
 - A more coherent approach to coordination work.
 - Increased visibility of the scope, impact and cost of coordination work allowing improved prioritization.
- **Review of internal calibration services**
 - They are generally cost effective but may deflect resources from headline projects with a direct impact on the highest priority requirements.
 - Not part of the unique capabilities at the BIPM.

PHYSICAL METROLOGY

The BIPM strategy exercise highlighted that the work of the Mass and Electricity Departments at the BIPM have common characteristics. Both mass and electrical measurements are ubiquitous and cross market sectors and technologies. A single physical metrology theme encompassing mass and electricity projects not only provides a single focus for the watt balance project but also increases flexibility of staff deployment.

Key activities in physical metrology

New activities are indicated in italics

- **Dissemination of the kilogram in air and an *improved cleaning technique in air.***
- **Dissemination of the kilogram in vacuum.**
- **Research to improve characterization and performance of the BIPM ensemble of reference mass standards (ERMS) followed by maintenance.**
 - *Will lead to new data about performance of different methods in different atmospheres and surface studies*
- **Development of the watt balance from repeatability of 5×10^{-7} to total combined standard uncertainty of 5×10^{-8} and provision of a primary realization of the kilogram after the redefinition (among others maintained by NMIs)**
- *Lead comparisons of primary realizations (ahead of the new definition) followed by bilateral key comparisons after (New).*
- *Realization of the new definition from silicon artefacts (New).*
- **Provision of travelling DC Josephson voltage standards for comparisons.**
- *Provision of travelling AC Josephson voltage standards for comparisons (New).*
- **Provision of a travelling QHR standard for comparisons.**
- **Comparisons using transfer standards (as pre-qualification for participation in on-site JVS or QHR comparisons).**
- *Realization of quantum Hall device using graphene to replace GaAs as a new travelling standard (New).*
- *Coordination of a key comparison of capacitance for 15 to 20 NMIs (New).*

Strategy for physical metrology

- To maintain an operational watt balance in order to provide a long-term primary realization of the kilogram
- To coordinate a comparison of primary realizations held by NMIs,
- To support the dissemination of the unit of mass by providing:
 - prototype Pt/Ir kilogram mass pieces (at cost), and
 - calibrations of mass standards on request to NMIs,
- To develop and provide on-site comparisons using travelling quantum electrical standards,
- To strengthen on-going comparison for capacitance with the calculable capacitor.
- To exploit existing facilities at the BIPM by providing the highest priority calibrations for electrical quantities requested by NMIs

Priority activities in the field of mass metrology

The mission of the BIPM in the field of mass will continue to provide all Member States with calibrations traceable to the current definition of the kilogram and, after the redefinition, which is expected to occur in 2018, to the new definition. After the redefinition, the BIPM will play an important role in ensuring the world-wide uniformity of primary realizations of the kilogram, realized in NMIs which operate a watt balance or which use isotopically enriched ^{28}Si spheres, by organizing comparisons. The BIPM ensemble of reference mass standards (also known as the ERMS) will serve as a stable reference for these comparisons and will be used to disseminate the mass unit from the BIPM as it will be continuously available. To improve the long-term storage conditions of the standards constituting the ERMS, their surface contamination will be investigated by using sensitive surface measurement techniques, in cooperation with NMIs. The BIPM will continue development of the watt balance with the goal of providing access for all Member States to a primary realization of the kilogram in the long term. The watt balance may also be used to determine the Planck constant.

Table Notes: Person months are abbreviated to “pers months” and calculated such that one staff member working full time over 4 years = 48 person months.

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Number of Person months b) Operating costs c) Capital investment
M-A1	Mass dissemination in air		
M-A1.1	Provision of 1 kg Pt/Ir prototypes.	1) Fabrication of 1 kg Platinum/Iridium prototypes for Member States (workshop) 2) Calibration of new 1 kg Pt/Ir prototypes.	a) 10 b) 0 k€ c) 0 k€
M-A1.2	Calibration of 1 kg national prototypes or mass standards.	1) Re-calibration of 1 kg Pt/Ir prototypes 2) Calibration of 1 kg stainless steel mass standards.	a) 30 pers months b) 10 k€ c) 425 k€ (includes new mass comparator also used for other projects)
M-A1.3	Calibration of working standards against the ERMS The BIPM ensemble of reference mass standards will itself be linked to primary realizations of the kilogram (M-A2.2) and will become the future basis for dissemination by the BIPM.	Traceability of the working standards to the BIPM ensemble of reference mass standards (M-A2).	a) 6 pers months b) 10 k€ c) 0 k€
M-A1.4	Development of improved cleaning technique in air To develop a more reproducible alternative to the historic cleaning-washing technique, without the need to carry out the procedure in vacuum.	Improved, highly-reproducible cleaning technique in air.	a) 6 pers months b) 3 k€ c) 20 k€

M-A2	BIPM ensemble of reference mass standards (ERMS)		
M-A2.1	Maintenance of the storage system.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Characterization of the performance of the storage system 2) Improvement of the storage conditions, based on results of M-A2.2 and M-A2.3. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 13 pers months b) 41.4 k€ c) 60 k€
M-A2.2	Monitoring of mass changes of the standards The BIPM ensemble of mass reference standards will be used for mass dissemination and as a hub for comparisons. The masses of the standards need to be as stable as possible, therefore monitoring will be required.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mass comparison of standards within the ensemble 2) Linking the average mass of the ensemble to values deduced from primary realizations 3) Modelling of mass changes in-between calibrations against primary realizations. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 17 pers months b) 10 k€ c) 0 k€
M-A2.3	Surface analysis of the BIPM ensemble of mass reference standards (in cooperation with NMIs) To optimize storage conditions and mass stability and to explain observed mass changes.	Characterization of surface contamination of standards.	<ol style="list-style-type: none"> a) 10 pers months b) 6 k€ c) 30 k€
M-A2.4	Development of a model to link surface contamination and mass change To allow to correct for mass changes from measured surface contamination.	Provide a model to deduce mass change from surface analysis, in particular for Si spheres (M-A5.1).	<ol style="list-style-type: none"> a) 2 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
M-A2.5	Investigate a cleaning technique for the standards The masses of the BIPM ensemble of reference mass standards need to be as stable as possible. The need for cleaning and the best techniques need to be investigated.	Understanding of the sensitivity of the mass of the standards of the ensemble to cleaning techniques. Development of cleaning procedures for the standards of the ensemble, adapted to the storage environments	<ol style="list-style-type: none"> a) 16 pers months b) 10 k€ c) 80 k€

M-A3	Watt balance		
M-A3.1	Development of a fully operational watt balance Primary realization of the new definition of the kilogram for the long term.	Fully operational watt balance at the level of several parts in 10^8 . This requires: 1) Analysis of alignment uncertainties and reduction at the level of about 1×10^{-8} 2) Study of the performance of the new interferometer 3) Measurement series to characterize the performance of the apparatus as a whole 4) Comparison of the conventional two-phase operation and the BIPM specific simultaneous operation to identify systematic errors 5) Study of vacuum operation 6) Continued improvement of the apparatus as a result of (2) to (5) with the objective to reach a target uncertainty of several parts in 10^8 .	a) 98 pers months + 48 secondment (or fixed-term contract) b) 102.1 k€ c) 360 k€
M-A3.2	Alignment reference for the watt balance Use of a precision solenoid to provide an alignment reference for the watt balance.	1) Calibration of the angle of the mirrors on the watt balance coil to within about $100 \mu\text{ rad}$ 2) Improvement of the setup to reduce uncertainty to about $50 \mu\text{ rad}$.	a) 6 pers months b) 2 k€ c) 0 k€
M-A3.3	Gravimetry for the watt balance.	Determination of the value of local gravitational acceleration (also included in the Time programme as T-A5.2).	a) 12 pers months b) 0 k€ c) 100 k€
M-A3.4	Voltage measurements for the watt balance.	Maintenance and improvement of two Josephson voltage standards.	a) 12 pers months b) 5 k€ c) 0 k€
M-A3.5	General support in electrical metrology for the watt balance.	Support for the watt balance in all issues related to electrical measurements.	a) 9 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
M-A4	Comparisons of primary realizations of the new definition of the kilogram		
M-A4.1	Organization of a pilot comparison of primary realizations before the redefinition To test the principles of the <i>mise en pratique</i> before the redefinition, planned for 2014-2016.	1) Pilot comparison of primary realizations of the new definition 2) Transfer to and maintenance of the reference value by the BIPM ensemble of mass reference standards.	a) 10 pers months b) 4 k€ c) 0 k€
M-A4.2	Organization of ongoing BIPM bilateral key comparison of primary realizations To guarantee uniform mass dissemination from multiple primary realizations after the redefinition.	1) Ongoing BIPM key comparison of primary realizations composed of bilateral exercises between individual primary realisations and the BIPM ensemble of mass reference standards 2) Update of the average mass value attributed to the BIPM ensemble.	a) 9 pers months b) 2 k€ c) 0 k€

M-A5	Surface analysis for Si spheres		
M-A5.1	Monitor the mass evolution under vacuum of ^{28}Si or $^{\text{nat}}\text{Si}$ spheres, stored at the BIPM (in cooperation with NMIs) Characterization of the surface changes of the ^{28}Si spheres, which will be kept at the BIPM enabling realization of the kilogram in this way, since the volume properties are stable in time.	Absolute realization of the kg after the redefinition, within about 20 μg , based on surface characterization by ellipsometry of previously characterized Si-spheres (M-A2.4). Since the volume properties are assumed to be stable in time, this is equivalent to a repeated XRCO project.	a) 56 pers months b) 18.8 k€ c) 150 k€
M-A6	Mass dissemination under vacuum		
M-A6.1	Mass calibration service under vacuum New calibration service on mass determination under vacuum. Future primary realizations will be obtained under vacuum conditions. Also the future comparisons (M-A4) will include vacuum measurements.	Calibration of mass standards, including Si spheres, under vacuum, for the calibration service and for the BIPM key comparison of primary realizations (M-A4).	a) 18 pers months b) 5 k€ c) 40 k€
M-A6.2	Provision of water sorption artefacts to NMIs To allow NMIs to carry out air-to-vacuum transfers of mass standards following the technique introduced by the BIPM.	Provision of water sorption artefacts in Pt/Ir to NMIs.	a) 2 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
M-A7	Auxiliary measurements on mass standards		
M-A7.1	Density/volume determinations of mass standards To allow the calculation of the buoyancy correction.	1) Volume determination of newly fabricated prototypes (M-A1.1) 2) Volume determination of stainless steel standards as part of the mass calibration service (M-A1.2).	a) 13 pers months b) 7 k€ c) 60 k€
M-A7.2	Centre of gravity determinations of mass standards To allow the determination of the corresponding correction.	Centre of gravity determination of stainless steel standards with a knob, as part of the mass calibration service (M-A1.2).	a) 1 k€ b) 0 k€ c) 0 k€
M-A7.3	Calibration of submultiple masses To calibrate the sensitivity of the BIPM mass comparators.	Calibration of small masses for the determination of the sensitivity of the mass comparators.	a) 6 pers months b) 0 k€ c) 30 k€

M-A8	Internal calibration services		
M-8.1	Mass calibration for other BIPM departments.	Calibration of mass standards for the watt balance, the Chemistry Department and the Ionizing Radiation Department.	a) 2 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
M-8.2	Calibration of pressure gauges Most demanding uncertainty required for buoyancy correction in the calibration of stainless steel mass standards.	Calibration of pressure gauges for several BIPM departments (incl. Mass).	a) 5 pers months b) 2 k€ c) 0 k€

Alternative activities in the field of Mass Metrology - not covered by the proposed budget

Project Code	Project Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
M-A9	<i>Improved hydrostatic balance for density and volume determinations of kilogram prototypes.</i>	<p>Improved hydrostatic balance for density and volume determinations of kilogram prototypes.</p> <p>The Mass Department carries out density/volume determinations for the new kilogram prototypes and surface artefacts (“stacks”) which it manufactures for NMIs. It also proposes a calibration service for these quantities for stainless steel mass standards which are sent for calibration. The density is an important quantity to determine the correction for air buoyancy when comparing masses of different volume in air. The present apparatus still works but is more than 15 years old. It is difficult to use and is not optimized for the measurement of surface artefacts which are needed for vacuum-to-air transfer.</p> <p>This project would require construction of a new apparatus which should be more convenient to use and which should be better adapted to the measurement of surface artefacts.</p>	a) <i>24 pers months secondment</i> b) <i>10 k€</i> c) <i>200 k€</i>
M-A10	Monitoring the mass evolution of Si spheres by surface analyses.	<p>Activity M-A5.1 has the objective to develop the techniques for using Si spheres as mass standards by periodically analyzing changes of their surface and linking them to mass changes.</p> <p>This activity would benefit from and be accelerated by support by a secondeé, who is familiar with the required techniques of surface characterization by, most likely, multi-wavelength ellipsometry.</p>	a) <i>12 pers months secondment</i> b) <i>0 k€</i> c) <i>0 k€</i>

Priority activities in the field of electrical metrology

The mission of the BIPM in the field of electricity will continue to be to ensure that NMIs have access to a method of comparing or calibrating their national primary standards, with the lowest possible uncertainty, for the most fundamental electrical units – voltage, resistance, capacitance – from which most other electrical units can be derived. For these purposes the Electricity Department maintains the following international reference facilities: transportable Josephson voltage standard, transportable quantum Hall resistance standard, calculable capacitor, and the associated measurement systems. A second important task is continued support for the BIPM watt balance (M-A3). The department also uses its facilities to determine the von Klitzing constant with unprecedented accuracy, which plays an important role in the *mise en pratique* of the electrical units.

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
E-A1	International reference standard for voltage		
E-A1.1	On-site comparisons of dc Josephson voltage standards (JVS) Direct comparison of JVSs at 1 V and 10 V using the BIPM transportable JVS to obtain the lowest possible uncertainty.	1) Maintenance of the transportable dc Josephson voltage standard, supporting also A1.3 and A1.4 2) Bilateral on-site comparisons at 1 V and 10 V as part of BIPM.EM-K10.a/b (4 NMIs) with relative uncertainty of 1×10^{-10} .	a) 28 pers months b) 50.1 k€ c) 40 k€
E-A1.2	On-site comparisons of ac Josephson voltage standards Development of a future comparison service for ac JVSs, to complement the dc comparisons (E-A1.1). The system will operate with a cryocooler to reduce consumption of liquid helium.	1) Development and maintenance of an ac JVS standard 2) Development and characterization of an ac voltage secondary standard for on-site comparisons 3) Pilot studies to establish the new protocol for BIPM ongoing on-site ac JVS key comparison (2 NMIs) with a target uncertainty $< 1 \times 10^{-6}$.	a) 46 pers months +12pm secondment b) 33.7 k€ c) 230 k€
E-A1.3	Voltage comparisons using Zener diode transfer standards For NMIs not possessing JVSs, and as a first step before a comparison of JVSs (E-A1.1).	1) Maintenance of the BIPM secondary dc voltage standards (Zeners), also for E-A1.4 2) Bilateral comparisons of Zener diode transfer standards as part of BIPM.EM-K11.a/b (4 NMIs) with relative uncertainty of 5×10^{-8} .	a) 15 pers months b) 10 k€ c) 0 k€
E-A1.4	Calibrations of Zener diode secondary standards For NMIs not possessing a primary voltage standard, using measurement systems already in place for comparison activities.	Calibration of Zener diode secondary standards for NMIs without a primary realization (six certificates for four NMIs) and for internal customers (Ionizing Radiation and the watt balance).	a) 3 pers months b) 5 k€ c) 0 k€

E-A2	International reference standard for resistance		
E-A2.1	On-site comparisons of quantum Hall resistance (QHR) standards Direct comparison of QHR standards using the BIPM transportable standard, to obtain the lowest possible uncertainty.	1) Development of a new transportable QHR standard based on graphene for simplified operation and cost reduction 2) Bilateral on-site comparisons of quantum Hall standards (including new graphene samples) as part of BIPM.EM-K12 (4-6 NMIs) with relative uncertainty 1×10^{-9} 3) Providing the basis for the realization of the farad, E-A3.	a) 46 pers months b) 51.7 k€ c) 230 k€
E-A2.2	Bilateral resistance comparisons using resistance transfer standards As a first step before an on-site comparison (E-A2.1) and for NMIs not possessing a QHR standard.	1) Maintenance of BIPM secondary resistance standards, also for E-A2.3 2) Bilateral comparisons of resistance transfer standards as part of BIPM.EM-K13.a/b (4-6 NMIs) with relative uncertainty of 5×10^{-8} .	a) 12 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
E-A2.3	Calibrations of resistance secondary standards For NMIs not possessing a primary resistance standard, using measurement systems already in place for comparisons.	Calibration of resistance secondary standards for NMIs without primary realizations (100 certificates for 20 NMIs) and for internal customers (Mass, Ionizing Radiation, watt balance).	a) 24 pers months b) 0 k€ c) 0 k€

E-A3	International reference standard for capacitance		
E-A3.1	Bilateral capacitance comparisons using capacitance transfer standards For NMIs wishing to demonstrate their capabilities in capacitance calibrations.	1) Maintenance of the measurement systems to derive the capacitance unit from the quantum Hall effect and/or the calculable capacitor, also supporting E-A3.2 and A3.3 2) Bilateral comparisons of capacitance transfer standards as part of BIPM.EM-K14.a/b (4-6 NMIs) with relative uncertainty of 5×10^{-8} .	a) 16 pers months b) 14.5 k€ c) 60 k€
E-A3.2	CCEM key comparison of capacitance Previous capacitance comparisons are unsatisfactory and will be repeated. The calculable capacitor and the quantized Hall resistance will be used as a reference.	Organization of a CCEM key comparison (15-20 NMIs), following the protocol of BIPM.EM-K14 (E-A3.1) and coordinated by the BIPM.	a) 14 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
E-A3.3	Calibrations of capacitance secondary standards For NMIs not possessing a primary capacitance standard.	Calibrations of capacitance secondary standards for NMIs without primary realizations (100 certificates for 20 NMIs).	a) 18 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
E-A3.4	ac quantum Hall effect For an improved measurement of the von Klitzing constant for the <i>mise en pratique</i> , using the calculable capacitor.	Continued metrological characterization of the ac quantum Hall effect for improved measurement of the von Klitzing constant with a target uncertainty of 5×10^{-9} and to establish a primary ac impedance standard.	a) 17 pers months b) 10 k€ c) 30 k€

Alternative activities in the field of Electrical Metrology - not covered by the proposed budget

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
E-A4	Replacing the comparisons and calibrations at 1 Ω, by others at higher values (1MΩ to 1 GΩ).	On site comparison capability – extending QHR to M Ω /G Ω region (development of special resistance bridges) allowing uncertainties at the level of several parts in 10^{-8} .	a) 24 pers months b) 0 k€ c) 30 k€
E-A5	Development of a comparison programme for SET quantum current standards.	Development of a SET reference facility for a quantum current standard.	a) 48 pers months b) 40 k€ c) >300 k€

TIME METROLOGY

The role of the BIPM in calculating and disseminating TAI/UTC is unique, and the interactions with the wider global community are of a specialist nature with a well-defined community in the field of timing, satellite navigation, geophysics and astronomy. The mission of the BIPM in the field of time is the realization and dissemination of the international time scale, International Atomic Time (TAI). As the uniform time scale it is kept as close as possible to the SI second. Coordinated Universal Time (UTC) is a time scale derived from TAI to provide a reference scale which takes into account the irregular rotation of the earth.

Key activities in Time

New activities are indicated in italics

- **Creating UTC, improving the accuracy and stability of international time references, increasing dissemination and improving accessibility through:**
 - **developing the analysis of data provided by new methods for time and frequency transfer.**
 - **optimizing the algorithms for clock data characterization.**
 - **reducing the delay in the publication of UTC, maintaining adequate extrapolations.**
- *Contributing to the comparison of optical standards with the highest accuracy over all distances, in view of their future use for the improvement of TAI and as a basis for consideration of a redefinition of the SI second. (New)*
- **Contributing to the provision of a coherent set of space-time references and models for application in space and earth sciences.**

Strategy for time projects

- To calculate, disseminate and improve the world reference time scale through integrating data from atomic clocks and frequency standards maintained and operated at the NMIs (and other participating laboratories),
- To contribute to the investigation of the benefits of a future re-definition of the second and of time-keeping based on optical clocks,
- To promote the importance and benefits to the international telecommunications, astronomy and earth science communities of:
 - UTC
 - frequency measurements traceable to the SI and
 - common space-time references.

Priority activities in the field of Time metrology

The mission of the BIPM in the field of time is the realization and dissemination of the international time scale, International Atomic Time (TAI). As the uniform time scale it is kept as close as possible to the SI second. Coordinated Universal Time (UTC) is a time scale derived from TAI, to provide a reference scale which takes into account the irregular rotation of the earth.

The time scales TAI and UTC are disseminated monthly through BIPM *Circular T*. The *BIPM Annual Report on Time Activities* provides all relevant information, data and results for the year previous to its publication. Reports on time-transfer techniques are also issued regularly.

Other activities related to the time scales are developed in the Department; these contribute to improving the calculation algorithms and increasing knowledge about time transfer techniques.

T-A1 Frequency stability and accuracy of TAI/UTC

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
T-A1.1	<p>Time transfer for TAI/UTC</p> <p>Provides the differences between two realizations of UTC in contributing laboratories that input data to the key comparison on time CCTF-K001.UTC (monthly BIPM <i>Circular T</i>), and to the weekly computation of the rapid UTC (UTC_r).</p> <p><i>Time/frequency transfer and algorithms are the two key points in the elaboration of a time scale</i></p> <p><i>Participating laboratories: 73 (2013)</i></p>	<p>1) New and refined methods for clock comparison for application on new techniques as implemented in NMIs necessary for the full exploitation of GNSS systems with the calculation of multi-system time links. In parallel, in combination with TWSTFT, this will contribute to the improvement of the uncertainty.</p> <p>Benefits - redundancy of data, impacting on:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) the reliability of the time links system; (b) the statistical uncertainty of the links; (c) the characterization of clocks; (d) since the time link uncertainty is the major component of the uncertainty of [UTC-UTC(<i>k</i>)], enhanced time transfer will impact on the traceability of local realization UTC(<i>k</i>) to the SI second; (e) the ultimate impact is on the stability of the time scales. <p>2) Application of novel methods (beyond GNSS and TWSTFT) of time transfer using optical fibres as they are implemented between contributing laboratories. As in 2013 only one of these links is operational between two UTC laboratories, and we should expect a substantial increase in the mid-term. Deliverable is enhanced time links for TAI, Particularly:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) increasing the reliability of the time link system by the use of an independent technique; (b) improving the statistical uncertainty of time links to the picosecond; 	<ul style="list-style-type: none"> a) 92 pers months + 12 secondee b) 39 k€ c) 32 k€

		<ul style="list-style-type: none"> (c) improving the Type B uncertainty (calibration, related to T-A2); (d) since the time link uncertainty is the major component of the uncertainty of [UTC-UTC(<i>k</i>)], enhanced time transfer will impact on the traceability of local realization UTC(<i>k</i>) to the SI second; (e) the ultimate impact is on the stability of the time scales. <p>3) Methods based on optical fibre and space techniques for time and frequency transfer with 10^{-18} targeted relative uncertainty for allowing optical clock comparisons. Benefits: when optical clocks are operated over appropriate time intervals, they could be linked keeping their precision to the UTC system and contribute to the accuracy of the time scales.</p> <p>4) Distribution of data, results, comparisons to UTC participants and other relevant users.</p> <p>5) CCTF-K001.UTC, <i>Circular T</i> (70 participants in 2013, 10 % increase expected).</p>	
T-A1.2	<p>Algorithms</p> <p>Development of new algorithms and upgrading of the algorithms already in use for the provision of time scales at the BIPM (TAI/UTC as in CCTF-K001.UTC -monthly BIPM <i>Circular T</i>, in weekly UTCr, in the annual TT(BIPM) and its monthly predictions).</p> <p><i>Time/frequency transfer and algorithms are the two key points in the elaboration of a time scale</i></p> <p><i>Participating laboratories: 73 (2013)</i></p>	<p>1) Improved stability by adequate clock frequency prediction and clock weighting. Target is improving the present 3×10^{-16} frequency stability with a target of improving stability by a factor of two.</p> <p>2) Improved accuracy by use of primary and secondary frequency standard measurements and procedure for frequency steering. The target is improving the present frequency accuracy (few parts in 10^{-16}) with a target of improving accuracy by a factor of two.</p> <p>3) Distribution of data, results, comparisons to UTC participants and other relevant users (data distributed – some 200 data/results per day by ftp plus large numbers of web consultations).</p> <p>4) Generation of TT(BIPM): a coordinated time calculated at the BIPM for scientific applications requiring long-term stability. TT(BIPM) has applications in some fields of astronomy (pulsar timing for the construction of a dynamic time scale), in space research, etc. Its algorithm is similar to that for TAI, but with a major role for the primary frequency standards. The introduction of secondary standards (optical clocks) will demand changes in the algorithm, with impact on the long-term stability and accuracy. TT(BIPM) is published in January every year for (year-1), with monthly extrapolations for the current year.</p>	<p>a) 48 pers months + 12 secondee</p> <p>b) 34 k€</p> <p>c) 12 k€</p>

T-A1.3	<p>Rapid UTC</p> <p><i>Participating laboratories: 40 (2013)</i></p>	<p>1) Publication of UTCr, rapid UTC providing weekly access to a UTC Rapid solution for better synchronization of local realizations of UTC(k) in contributing laboratories, particularly enabling NMIs to improve the UTC(k) serving as a reference for GNSS time steering (40 participants in 2013, 100 % increase expected over the programme).</p>	<p>a) 36 pers months b) 6 k€ c) 22 k€</p>
--------	---	---	---

T-A2 Characterization of delays in GNSS equipment operated in TAI/UTC contributing laboratories

All laboratories that contribute to UTC are equipped with GNSS time receivers to provide data for the comparison of their clocks (T-A1). The comparison between the local clock and the clock in the satellite is carried out within the receiver located in the laboratory, whilst the signal from the satellite arrives at the antenna and has a path delay until it reaches the comparison point. As a consequence, the measurement of the delay is essential to the stability and accuracy of the UTC time links system. The BIPM has centralized the characterization of GNSS equipment delays in contributing laboratories since it is part of the actions necessary for the provision of UTC. The activity is mostly referred to as “*calibration of GNSS receiver equipment in laboratories*”.

The result of a “*calibration*” is part of the data used for the calculation of time links for TAI/UTC (T-A1).

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
T-A2.1	<p>Maintenance of BIPM travelling receivers and procedures for calibration</p> <p>The equipment in the BIPM Time laboratory is principally used for maintaining the BIPM travelling standard receivers. The ensemble of receivers consists of equipment similar to that installed in the contributing laboratories. Some of the equipment is used for travelling, whilst other equipment remains in the laboratory to act as the reference during a campaign. An atomic clock providing the local time reference is necessary. In parallel, the Time Department develops strategies for delay characterization based on different geometries, data acquisition processes and statistical treatment of measurements.</p>	<p>1) Characterization of equipment compatible with those operated in NMIs.</p> <p>2) Reliable/redundant travelling and fixed-reference standards.</p> <p>3) Guidance documents and support for contributing NMIs.</p> <p>4) Technical protocols for calibration.</p> <p>5) Methods of calibration aimed at improving the time link uncertainty, which remains the largest component of the uncertainty of UTC-UTC(k). The target is improving the present 5 ns value of the Type B uncertainty by a factor of at least 2.</p>	<p>a) 20 pers months b) 0 k€ c) 170 k€</p>

T-A2.2	<p>Realization of delay measurement campaigns for pivot laboratories (G1 labs)</p> <p>The BIPM organizes and realizes travelling standard visits among the contributing laboratories for measuring the (relative) delays in GNSS equipment. The measurements are analysed and processed at the BIPM and the result forms part of the data used for the time links calculation. Absolute determination of delays is made using the BIPM/CNES calibrator.</p>	<p>Typically two characterization campaigns (requiring the sending of BIPM travelling system without staff) to each of approximately 15 contributing laboratories (G1 labs) during the programme:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Regular assessment of the values of the Type B uncertainty of time links via periodic calibration of GNSS equipment in a selected group of NMIs (potential “pivot” laboratories, laboratories in regions where RMOs are not active or organized). 2) Evolving Protocols for calibration. 3) Improved link accuracy from 5 ns to 2 ns. 4) Input data for time links used in CCTF-K001.UTC, BIPM <i>Circular T</i> and rapid UTC. 	<p>a) 18 pers months + 12 secondee b) 30 k€ c) 0 k€</p>
T-A2.3	<p>Coordinating with the RMOs for campaigns of G2 laboratories (labs which are not pivot labs) and linking results to the BIPM G1 reference</p> <p>RMOs organize regional calibration campaigns with their own travelling equipment supporting the BIPM in the maintenance of time link system stability. The BIPM provides guidance to RMOs, establishes priorities and interacts with them for the coordination of the campaigns. The BIPM validates the results of the RMOs’ calibrations, makes the link to the BIPM system and decides on the results to be used for TAI/UTC.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Provision of Guidelines for the calibrations, including technical instructions for RMOs and protocols for linking their calibrations to the BIPM time link system. 2) Regular assessment of the values of the Type B uncertainty of time links via periodical calibration of GNSS equipment in a set of laboratories as defined by the BIPM for approximately 60 contributing laboratories. 3) Improved link accuracy from 5 ns to 2 ns 4) Generating Input data for time links used in CCTF-K001.UTC, BIPM <i>Circular T</i> and rapid UTC. 	<p>a) 10 pers months b) 0 k€ c) 0 k€</p>

T-A3 Use of very accurate frequency standards - Secondary representations of the second

This activity should be considered of common interest to time and length metrology. The application of frequency combs, traditionally related to the length comparisons, is now expanding into the field of time metrology.

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
T-A3.1	<p>Time and frequency transfer techniques for highly accurate optical standards</p> <p>Study and implementation of techniques. Cooperation with different sectors is planned (French space agency, NMIs)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Comparison of optical standards with $\sim 10^{-18}$ relative uncertainty over short and long baselines. This includes continental links via optical fibres and intercontinental comparisons using enhanced TW links and one-way space techniques. 2) Contributing to the discussion on the redefinition of the second (2018 onwards). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 30 pers months +12 secondee b) 30 k€ c) 0 k€
T-A3.2	<p>Maintenance of equipment</p> <p>The equipment will serve (a) to study the physics related to the transfer techniques; (b) to develop competency for the statistical treatment of measures for application in time scale construction; (c) to characterize their uncertainties, including calibration.</p> <p>Equipment consists of: Frequency combs and terminals for advanced time transfer using microwave links; H-maser for providing the frequency reference.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Space-Earth and Earth-Earth Comparison of atomic clocks, within the ACES project using a microwave link. A dedicated terminal is planned to be operated at the BIPM. Activities will be in cooperation with the French Space Agency (CNES). 2) Comparison of optical standards with $\sim 10^{-18}$ fractional uncertainty over short and long baselines. 3) Improved time link accuracy. 4) Contributing to the discussion on the redefinition of the second (2018 onwards). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 18 pers months b) 0 k€ c) 350 k€

Alternative activities in the field of Time Metrology - not covered by the proposed budget

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
T-A3.3	Frequency comb validation Assuring the correct validation of the increasing number of frequency combs in NMIs at accuracy levels aiming to meet both time and length requirements, taking particular note of the emergence of optical clocks	A comparison of NMI frequency combs based on the existing BIPM frequency comb (estimated for maximum of 5 node NMIs for length, and up to 10 NMIs for frequency) Target is parts in 10^{18} (driven by frequency needs), - 10^{16} sufficient for length	a) 12 pers months b) 20 k€ c) 10 k€

CHEMISTRY AND IONIZING RADIATION METROLOGY

Chemistry and ionizing radiation address sector-based activities which sometimes overlap and which underpin high-priority global issues with direct routes to impact. A new thematic approach for the formulation of chemistry and ionizing radiation projects provides a coherent approach across technologies which give greater leverage with international stakeholders such as the IAEA and the WHO.

Key activities in chemistry and ionizing radiation metrology

New activities are indicated in italics

Coordination of comparisons to determine and improve the international equivalence of:

- **ozone standards for surface ozone monitoring,**
- **selected gas standards for air quality monitoring,**
- **gas standards for climate change assessment,**
- **organic primary calibrators for clinical chemistry and laboratory medicine, food analysis, environmental analysis, forensics and pharma.**

All line items will include some new measurands (reviewed by the CCQM).

Facilitating the long-term equivalence of NMI measurements for:

X-ray radiation quantities adopted by the CCRI and widely used in radiotherapy and radiodiagnostics.

- ***⁶⁰Co and ¹³⁷Cs γ -ray and (eventually) electron beams widely used at radiotherapy and/or radioprotection levels, and serving as reference for the calorimetric measurements in high-energy photon beams (medical accelerators).***
- ***reference air kerma for HDR ¹⁹²Ir sources, (and eventual extension to LDR ¹²⁵I sources) used world-wide in brachytherapy applications.***
- ***γ , β and α emitters (SIR) widely used in nuclear medicine or appearing in the nuclear cycle or environmental monitoring.***
- ***short-lived γ -emitting radionuclides (SIR) of interest in nuclear medicine, PET, molecular imaging.***

All line items will include some new measurands and nuclides (reviewed by the CCRI).

Strategy for chemistry and ionizing radiation thematic projects

To coordinate a limited set of key comparisons for measurands that require the highest accuracies and long-term stable reference values that exemplify the most important competencies in their fields. Selected to address areas of the greatest global importance including:

- Reference standards of the most potent greenhouse gases and selected air quality gases to underpin traceability for global climate monitoring and population protection.
- Reference materials of pure organic materials to underpin the world-wide requirement for traceability in key sectors (e.g. laboratory medicine, forensic science and food quality).
- Reference measurements of doses to underpin the global reference system for radiotherapy, radioprotection and radiodiagnostics.
- Reference measurements for radioactivity to underpin the global reference system for human health and environmental protection.

Priority activities in the field of Chemistry

The BIPM chemistry laboratory activity focuses on gas standards for air quality and climate change, and primary calibrators for clinical chemistry and laboratory medicine, food analysis, environmental analysis, forensics and pharma. The BIPM coordinates key comparisons and pilot studies prioritized by the CCQM in response to NMIs for:

- greenhouse and air quality gases, for which the uncertainty of standards is critical, to ensure the accurate long-term, global monitoring of these species, including the BIPM key comparison BIPM.QM-K1 for surface ozone;
- the purity assessment of pure organic calibrators (source of traceability for measurements of the amount of organic species in a wide range of clinical, environmental, food, forensic and drugs in sport applications). Coordination of an on-going series of four CCQM key comparisons covering all small-organic-molecule-based CMCs, with an extended model of comparisons for large organic molecules.

C-A1 International equivalence of gas standards for air quality and climate change monitoring

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
C-A1.1	<p>International reference standard for Surface Ozone</p> <p>Coordination of comparisons to determine and improve the international equivalence of ozone standards for surface ozone air quality monitoring.</p>	<p>1) Bilateral comparisons as part of BIPM.QM-K1 coordination (2016-2019). <i>NMI participations: 20</i></p> <p>2) Comparison with independent methods for system stability verification and accuracy improvement.</p> <p>3) Coordination of CCQM-Kxx and CCQM-Pyy(NO core comparison and spectroscopy study coordination–2016). <i>NMI participations: 30</i></p>	<p>1) a) 19 pers months b) 30.5 k€ c) 24 k€</p> <p>2) a) 10 pers months b) 34.5 k€ c) 3 k€</p> <p>3) a) 28 pers months + 6 secondment b) 38.5 k€ c) 18 k€</p>
C-A1.2	<p>Dynamic reference standard facilities for air quality gas standard comparisons</p> <p>Coordination of comparisons to determine and improve the international equivalence of gas standards for air quality monitoring.</p>	<p>1) Coordination of CCQM-K74-repeat on Nitrogen Dioxide standards (2017). <i>NMI participations: 15</i></p> <p>2) Maintenance and development of a HCHO facility for future CCQM-K90-Repeats.</p> <p>3) Coordination of CCQM-Kxx (2018) Reactive Gas, development of facility and comparison on air quality standards. <i>NMI participations: 15</i></p>	<p>1) a) 28 pers months b) 71.5 k€ c) 44.5 k€</p> <p>2) a) 11 pers months b) 39.5 k€ c) 38 k€</p> <p>3) a) 35 pers months + 6 secondment b) 73.5 k€ c) 113 k€</p>
C-A1.3	<p>International reference facility for comparison of standards and scales for greenhouse gases</p> <p>Coordination of comparisons to determine and improve the international equivalence of gas standards for climate change monitoring.</p>	<p>1) Completion of the key comparison on Carbon dioxide and maintenance of Methane facility (CCQM-K52-repeat – 2015 start). <i>NMI participations: 20</i></p> <p>2) Developed methods with reduced uncertainties for greenhouse gas comparisons.</p>	<p>1) a) 16 pers months b) 11.5 k€ c) 3 k€</p> <p>2) a) 26 pers months + 6 secondment b) 50.5 k€ c) 113 k€</p>

C-A2 International equivalence of organic primary calibrators for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, Food Analysis, Environmental analysis, Forensics and Pharma

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
C-A2.1	<p>Small molecule organic primary reference comparisons (pure materials)</p> <p>Coordination of comparisons to determine and improve the international equivalence of organic primary calibrators for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, Food Analysis, Environmental analysis, Forensics and Pharma.</p> <p><i>NMI participations: 80</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Method for characterization coordination of CCQM-K55.c.1 repeat (polar organic (300 Da to 500 Da) (2019). <i>NMI participations: 30</i> 2) Coordination CCQM-K55.a.1 repeat (non-polar organic (100 Da to 300 Da) (2017). <i>NMI participations: 30</i> 3) Developed and published spectroscopic methods for purity comparisons. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) a) 42 pers months b) 66 k€ c) 350 k€ 2) a) 23 pers months b) 66 k€ c) 50 k€ 3) a) 40 pers months +12 secondment b) 178 k€ c) 0 k€
C-A2.2	<p>Small molecule organic primary reference comparisons (calibration solutions)</p> <p>Coordination of comparisons to determine and improve the international equivalence of organic primary calibrators for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, Food Analysis, Environmental analysis, Forensics and Pharma.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Completion of calibration solution calibration CCQM-K78.a (multi-component polar) (2015). <i>NMI participations: 30</i> 2) Methods for characterization of non-polar multicomponent calibration solution. 3) Preparation for repeat calibration solution key comparison CCQM-K78.b (multi-component non-polar) (2020). 	<ol style="list-style-type: none"> 1) a) 8 pers months b) 18 k€ c) 8.5 k€ 2) a) 24 pers months b) 53 k€ c) 0 k€ 3) a) 6 pers months b) 47 k€ c) 0 k€
C-A2.3	<p>Large molecule organic primary reference method development and comparisons</p> <p>Coordination of comparisons to determine and improve the international equivalence of organic primary calibrators for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, Forensics and Pharma.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Developed and published methods for the characterization of large molecule primary calibrators. 2) Completion of purity key comparison CCQM-K115 (2015) C-peptide purity (1 kDa to 5 kDa). <i>NMI participations: 16</i> 3) Coordination of CCQM-Kxx Primary organic calibrator (5 kDa to 10 kDa) large organic molecule primary calibrator comparison. <i>NMI participations: 16</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1) a) 32 pers months +6 secondment b) 66 k€ c) 8 k€ 2) a) 26 pers months b) 31 k€ c) 0 k€ 3) a) 30 pers months b) 52.5 k€ c) 0 k€

Alternative activities in the field of Chemistry - not covered by the proposed budget

C-A1.3.1	International reference facility for comparison of standards and scales for greenhouse gases	<p>1) Developed facility and methods for isotope ratio value assignment of CO₂ in air standards</p> <p>2) Completed stability studies on transfer standards for key comparison</p> <p>3) Coordination of CCQM-Kxx (2019) CO₂ isotope ratios</p> <p><i>NMI participations: 15</i></p>	<p>a) 24 pers months +24 pers months post doc + 6 months secondee</p> <p>b) 75.5 k€</p> <p>c) 450 k€</p>
C-A2.1.1	Small Molecule Organic Primary Reference Comparisons (Pure Materials)	<p>1) Developed and published methods for the characterization (500 Da to 1000 Da) organic primary calibrator materials and solutions</p> <p>2) Coordination of CCQM-Kxx purity (500 Da to 1000 Da) organic (2018)</p> <p><i>NMI participations: 20</i></p>	<p>a) 42 pers months +6 secondment</p> <p>b) 12 k€</p> <p>c) 0 k€</p>

Priority activities in the field of Ionizing Radiation

The aim of the Ionizing Radiation Programme for 2016-2019 is to provide Member States with metrological support to provide confidence in the services that the NMIs offer to their users, based on a well-defined and stable set of international reference facilities to compare and establish the equivalence or traceability of the national standards for dosimetry and radionuclide activity in health applications (radiotherapy, nuclear medicine, radiodiagnostics), nuclear industry, environmental survey and related activities.

IR-A1 Dosimetry Programme for international equivalence of measurements in the Health field: radiotherapy, radiodiagnostics and radioprotection.

Project Code	Project Name	Deliverables	Resources in: a) Person months (pm) b) Operating costs c) Capital investment
IR-A1.1	<p>X-ray standards dosimetry</p> <p>BIPM.RI(I)-K2,-K3,-K7 ongoing comparisons of air kerma or absorbed dose to water for low-, medium-energy and mammography, using the high-stability BIPM facilities <i>establishing and maintaining the long-term equivalence or traceability of NMIs for nearly 20 x-ray radiation qualities adopted by the CCRI and widely used in radiotherapy and radiodiagnostics.</i></p> <p>Participant NMIs: 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintaining the BIPM primary standards for: <ul style="list-style-type: none"> - air kerma in low- (5 qualities) and medium-energy (4 qualities) x-rays, - absorbed-dose to water in medium-energy x-rays developed in 2013-2015 (4 qualities), - air kerma for mammography (4 qualities). 2) Providing BIPM Bilateral key comparisons (BIPM.RI(I)-K2, -K3, -K7) for 16 NMIs 3) Calibration and characterization of 16 NMIs standards for x-rays, on request. 4) Replacement of the HV generator for low-energy x-rays in 2016 	<ol style="list-style-type: none"> a) 48 pers months b) 22 k€ c) 90 k€
IR-A1.2	<p>γ-ray standards dosimetry</p> <p>BIPM.RI(I)-K1,-K4,-K5 and -K6 ongoing comparisons of air kerma and/or absorbed dose to water for ^{60}Co and ^{137}Cs, using the high-stability BIPM facilities <i>establishing and maintaining the long-term equivalence or traceability of NMIs for ^{60}Co and ^{137}Cs beams, widely used at radiotherapy and/or radioprotection levels, and serving as reference for the calorimetric measurements in high-energy photon beams (medical accelerators).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintaining the BIPM primary standards for: <ul style="list-style-type: none"> - air kerma in ^{60}Co and ^{137}Cs beams for radiotherapy and radioprotection (BIPM.RI(I)-K1, K5), - absorbed dose to water in ^{60}Co beams (radiotherapy, BIPM.RI(I)-K4), - providing reference to the graphite calorimeter standard for absorbed dose to water in high-energy beams (BIPM.RI(I)-K6). 2) Providing BIPM Bilateral comparisons key comparisons (-K1, -K4, -K5) for 20 NMIs. 3) Characterization and calibration of 40 national standards (on request). 4) Replacement of the ^{60}Co source in 2017. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 60 pers months b) 30 k€ c) 20 k€ + 200 k€ (new ^{60}Co source in 2017)

IR-A1.3	<p>High-energy dosimetry (accelerator dosimetry) BIPM.RI(I)-K6 ongoing comparisons of absorbed dose to water for high-energy photon beams, using the transportable BIPM graphite calorimeter on-site at the NMIs <i>establishing and maintaining the long-term equivalence and traceability of absorbed dose for photons and eventual extension to electrons (see IR-A1.5 in alternative projects) in high-energy beams now used in the vast majority of radiotherapy applications.</i></p> <p>Participant NMIs: 16</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintaining the transportable photon calorimeter standard to provide robust traceability for absorbed dose through on-site comparisons and characterizations of national standards. 2) Providing 4 BIPM.RI(I)-K6 comparisons on-site at the NMIs. 3) Continued study of long-term optimal scenario for a sustainable maintenance of BIPM.RI(I)-K6 comparisons, using the BIPM graphite calorimeter standard. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 63 pers months b) 97 k€ c) 15 k€
IR-A1.4	<p>Brachytherapy BIPM.RI(I)-K8 ongoing comparisons of reference air kerma using two transportable transfer instruments on-site at the NMIs <i>establishing and maintaining the long-term equivalence of reference air kerma for HDR ¹⁹²Ir sources, and eventual extension to LDR ¹²⁵I sources, used in brachytherapy applications world-wide.</i></p> <p>Participant NMIs: 15</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintaining the BIPM transfer standards (thimble and well-type chambers) for brachytherapy. 2) Providing 4 BIPM.RI(I)-K8 on-site comparisons for NMIs of reference air kerma for HDR ¹⁹²Ir sources, as adopted by the CCRI. 3) Study of the convenience and feasibility of future development of a primary standard. Proposal at CCRI-2017. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 12 pers months b) 17 k€ c) 10 k€

IR-A2 Radionuclides Programme for international equivalence of measurements in the health, environmental and industrial fields: nuclear medicine, radiodiagnostics, PET nuclides, radiotherapy, monitoring contamination of food or environment and safe nuclear activities.

Project Code	Project Name	Deliverables	Resources in: a) Person months (pm) b) Operating costs c) Capital investment
IR-A2.1	<p>International Reference System (SIR) for γ emitters</p> <p>BIPM.RI(II)-K1 on-going comparisons of activity of solutions of γ-ray emitting radionuclides, using high-stability well-type ionization chambers and ^{226}Ra sources <i>establishing and maintaining the equivalence for more than 60 different radionuclides widely used in nuclear medicine or appearing in the nuclear cycle and environmental monitoring.</i></p> <p>Participant NMIs: 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenance and development of SIR facility for γ emitters future core comparisons. 2) BIPM.RI(II) – K1, 40 bilateral ‘on demand’ comparisons covering (at least): C-11 F-18 Na-22 Na-24 Sc-46 Sc-47 Cr-51 Mn-54 Mn-56 Co-56 Co-57 Co-58 Co-60 Fe-59 Cu-64 Zn-65 Ga-67 Se-75 Kr-85 Sr-85 Y-88 Nb-95 Mo-99 Tc-99m Ru-103 Ru-106 Cd-109 Ag-110m Ag-111 In-111 Sn-113 I-123 Sb-124 Sb-125 I-125 I-131 Ba-133 Xe-133 Cs-134 Cs-137 Ce-139 Ba-140 Ce-141 Ce-144 Eu-152 Gd-153 Sm-153 Eu-154 Eu-155 Ho-166m Yb-169 Lu-177 Ta-182 Re-186 Ir-192 Au-195 Tl-201 Hg-203 Pb-203 Bi-207 Rn-222 Th-228 Np-237 Am-241 Am-243. 3) Reduction of the total number of comparisons through further development of the Measurements Method Matrix (MMM). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 45 pers months b) 18 k€ c) 10 k€
IR-A2.2	<p>International Reference System (SIR) for pure β emitters</p> <p>BIPM.RI(II)-K1 on-going comparisons of activity of solutions of pure β emitters, using liquid-scintillation counting methods <i>establishment of equivalence for approximately 15 different radionuclides widely used in nuclear medicine, nuclear cycle and environmental monitoring.</i></p> <p>Participant NMIs: 20</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Operation, maintenance and development of SIR facility for β emitters, implemented in 2013-2015, for future core comparisons. 2) 20 BIPM.RI(II) – K1 bilateral comparisons covering (on demand): ^3H, ^{14}C, ^{32}P, ^{55}Fe, ^{63}Ni, ^{89}Sr, $^{90}\text{Sr/Y}$, ^{99}Tc, ^{147}Pm, ^{204}Tl and other radionuclides requested by NMIs. 3) Reduction of the current logistics- heavy CCRI (II) - K2 comparisons to a minimum. 4) Reduction of the total number of comparisons through further development of the Measurements Method Matrix (MMM). 	<ol style="list-style-type: none"> a) 40 pers months b) 22 k€ c) 0 k€

IR-A2.3	<p>Extension of SIR to α emitters</p> <p>Implementation of methods for extending to α emitters the BIPM.RI(II)-K1 on-going comparisons of activity of solutions of radionuclides, <i>establishment of equivalence for about 10 radionuclides of interest in the nuclear cycle, nuclear medicine, radiotherapy and environmental survey.</i></p> <p>Participant NMIs: 10</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Development and Implementation of liquid scintillation methods or α-particle counting using defined solid angle detectors. 2) 10 BIPM.RI(II) – K1 bilateral comparisons, covering (on demand): ^{241}Am, ^{223}Ra, ^{211}At, ^{238}Pu, ^{210}Po and other radionuclides demanded by NMIs. 3) This will allow to complete (with IR-A2.1 and IR-A2.2) the frame for the most common α-, β- and γ-emitters. 4) Reduction of the total number of comparisons through further development of the MMM. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 22 pers months b) 12 k€ c) 15 k€
IR-A2.4	<p>International reference facility for comparison of short-lived γ-emitting radionuclides</p> <p>BIPM.RI(II)-K4 on-site (at NMIs) on-going comparisons of short-lived radionuclides, using the transportable transfer instrument (SIRTI), <i>establishment of equivalence for about 10 short-lived γ-emitting radionuclides of interest in nuclear medicine, PET, molecular imaging.</i></p> <p>Participant NMIs: 15</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenance and development of the SIR Transfer Instrument for on-site comparisons and extension to new radionuclides. 2) 8 BIPM.RI(II) – K4 bilateral comparisons covering (on demand): $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{18}F, ^{64}Cu, ^{11}C, ^{68}Ga, ^{211}At, ^{56}Mn and other radionuclides demanded by NMIs. 3) Reduction of the total number of comparisons through further development of the MMM. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 22 pers months b) 28 k€ c) 30 k€
IR-A2.5	<p>Reference instruments for primary measurements</p> <p>Provision of new SIR entries for improvement of KCRVs not well established, applying and developing technical skills of staff for efficient coordination of comparisons. <i>KCRV improvements for about 15 radionuclides in support of traceability/equivalence of radionuclide comparisons.</i></p> <p>Participant NMIs: 15</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Maintenance and further development of $4\pi\beta$-γ (anti)coincidence counting and TDCR LSC systems. 2) Organization of one CCRI comparison for ^{109}Cd and participation in two CCRI comparisons according to the Rolling Plan and the MMM table. 3) Establish missing KCRVs for: ^{47}Sc, ^{68}Ge, ^{111}Ag, ^{140}Ba, ^{155}Eu, ^{195}Au and improve KCRVs for: ^{24}Na, ^{56}Co, ^{123}I, ^{124}Sb, ^{125}Sb, ^{153}Sm, ^{154}Eu, $^{166\text{m}}\text{Ho}$, ^{177}Lu as priorities. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 12 pers months b) 12 k€ c) 20 k€
IR-A2.6	<p>Establishment of operational capability for low-level activity measurements of γ and β emitters</p> <p>Completion of capability of low-level activity measurements for β and γ emitter, <i>support to CCRI comparisons on environmental and reference materials programmes for international cooperation.</i></p> <p>Participant NMIs: 12</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Acquisition, Monte Carlo simulation and setup of a 4π-γ NaI(Tl) well-type detector for γ emitters. 2) Operational use of the existing Quantulus 1220-LSC spectrometer for β emitters. 3) Participation/organization of one CCRI comparison on low-level measurements of contaminated materials. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 24 pers months b) 10 k€ c) 20 k€ + 70 k€ (γ counter)

IR-A2.7	<p>Development of physical backup to SIR ^{226}Ra sources</p> <p>Prevention of long-term obsolescence of ^{226}Ra sources (IR-A2.1) by implementing as replacement an electronic absolute current source, <i>enhancing robustness of SIR in the long-term, as additional safeguard to the equivalence of more than 60 γ emitters widely used in nuclear medicine or appearing in the nuclear cycle and environmental monitoring.</i></p> <p>Participant (related) NMIs: 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Feasibility and eventual construction and operation of an electronic current source of high stability and reproducibility. 2) Parallel operation of the electrical source and comparison of performance with the ^{226}Ra sources. 3) In case of positive answer to point 1) gradual replacement and elimination of ^{226}Ra sources used in the SIR. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 19 pers months b) 9 k€ c) 25 k€
---------	--	--	--

IR-A3. Thermometry Service to BIPM Departments

Project Code	Project Name	Deliverables	Resources in: a) Person months (pm) b) Operating costs c) Capital investment
IR-A3.1	BIPM internal service of thermometry calibrations	- Internal calibration service of SPRTs and laboratory thermometers.	<ol style="list-style-type: none"> a) 12 pers months b) 2 k€ c) 5 k€ + 65 k€ (precision bridge replacement)

Alternative activities in the field of Ionizing Radiation - not covered by the proposed budget

IR-A1.3.1 <i>(alternative item)</i>	High-energy electron dosimetry (accelerator dosimetry) – calorimeter for high energy electrons See IR-A1.3 in the prioritized projects for details	<ol style="list-style-type: none"> 1) Development of a calorimeter standard for high-energy electrons, with the aim of providing equivalence and traceability for absorbed dose in electron beams through comparisons and characterizations of national standards. Requires one additional staff member and frequent access to an accelerator. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 48 pers months (1 new staff member) b) 10 k€ c) 35 k€
IR-A1.4.1 <i>(alternative item)</i>	Brachytherapy See IR-A1.4 in the prioritized projects for details	<ol style="list-style-type: none"> 1) Extension to LDR ^{125}I sources, to be decided by the CCRI(I) in 2015: Four comparisons. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 6 pers months b) 12 k€ c) 35 k€

<p>IR-A2.8 <i>(alternative project)</i></p>	<p>Development of the Becquerel ionization chamber</p> <p>Prevention of eventual future obsolescence (long term) of the SIR ionization chambers (IR-A2.1), by using an optimized backup chamber, <i>enhanced robustness of SIR in the long term, as an additional safeguard to the current equivalence of more than 60 γ emitters used in nuclear medicine or appearing in the nuclear cycle and environmental monitoring.</i></p> <p>Participant (related) NMIs: 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Analysis of conclusions of the BqWG(II) “<i>Realization of the Becquerel</i>” project (design a robust, highly stable and reproducible chamber), and decision making about its suitability for the BIPM SIR. 2) If relevant to the BIPM, construction of the first BIPM prototype, operation in parallel with the conventional SIR chambers and comparison of performance. 3) If not relevant, prevision of backup for the existing chambers using commercial equipment. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 6 pers months (+ workshop workload) b) 4 k€ c) 110 k€
<p>IR-A2.9 <i>(alternative project)</i></p>	<p>Development of a sandwich-type coincidence counter for β-γ emitters</p> <p>New reference instrument to complete the primary measurement methods (IR-A2.5) available at the BIPM and the technical skills of staff for provision of new SIR entries and efficient coordination of comparisons, <i>comparisons of radionuclides used in nuclear medicine or appearing in the nuclear cycle and environmental monitoring.</i></p> <p>Participant (related) NMIs: 25</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Design, construction and experimental setup. 2) Operational tests with β-γ emitters. 3) Support to CCRI (^{109}Cd) and BIPM comparisons. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 18 pers months b) 12 k€ c) 50 k€

INTERNATIONAL LIAISON AND COORDINATION

Key activities in international liaison and coordination

New activities are indicated in italics

- *Support implementation of selected improvements to the CIPM MRA.*
- *Refine and implement the strategy for international liaison at the BIPM and set priorities for the allocation of resources used on key stakeholders and sectoral organizations (new)*
- **Provide Executive Secretaries for the ten CCs and the JCGM.**
- **Develop and operate a new version of the KCDB and JCRB CMC review website and provide the JCRB Executive Secretariat.**
- **Operate the JCTLM database and provide the secretariat**
- **Liaise and represent the BIPM/CIPM with key stakeholders e.g. the RMOs, OIML, ILAC, ISO**
- **Liaise and represent the BIPM/CIPM with selected organizations of sectoral importance including: - e.g. IAEA, WMO, ITU + more than 30 others.**
- **Facilitate and inform candidate Member States and candidate Associate States.**
- **Facilitate the transition from Associate to Member State status**

Strategy for coordination and liaison

To foster cooperation with international organizations and to promote the world-wide comparability of measurement

- communicating effectively (with Member States, potential new Member States and other key stakeholders) about the Metre Convention, the SI and the new SI
- providing scientific liaison through participation in selected Stakeholder committees and working groups
- improving and promoting the mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by NMIs (the CIPM MRA), particularly by operation of the KCDB and supporting the JCRB.
- promoting the importance of the global comparability of measurements with international organizations of strategic importance to the BIPM mission including: OIML, ILAC, ISO, WTO.
- developing and implementing best practice in the support of the Consultative Committees and Joint Committees through the provision of Executive Secretaries and the implementation of best practices

A major task carried out by the BIPM is the coordination of international metrological activities and liaison with other intergovernmental/international organizations that are relevant to or which have an interest in metrology. Coordination activities are particularly concerned with the activities of the Consultative Committees created by the CIPM where the world's leading metrology experts from Member State NMIs come together. The BIPM

provides the Executive Secretaries for these CCs, chosen among the senior scientists of the BIPM. The BIPM prepares, convenes and hosts CC meetings at the BIPM and provides scientific expert advice to the CCs and most of their working groups. The CCs themselves coordinate the NMI research activities to improve the realization and dissemination of the SI and coordinate the key comparison activities of the CIPM MRA. They also discuss the scientific in the field in general and more specifically the work of the BIPM.

The CIPM MRA and its key comparison database (KCDB) provide recognition of the national measurement standards and the calibration and measurement capabilities (CMCs) of the NMIs of Member States and the Associates of the CGPM. The BIPM Director chairs the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations. The BIPM is supported by a seconded JCRB Executive Secretary. The CIPM has tasked the JCRB with the coordination of activities with the RMOs.

The liaison activities between the BIPM and other intergovernmental organizations and international bodies are of growing importance. This is especially true for the cooperation with the International OIML, ILAC and ISO. The cooperation with ILAC is particularly important to ensure that calibrations performed by accredited laboratories are traceable through the NMIs to primary realizations of the SI. The core element of demonstrating traceability is the KCDB.

Other organizations with whom the BIPM has major and on-going interactions include the IAEA, WHO, WMO, ITU and WTO. Liaisons at an institutional and/or technical level related to specific committees or working groups and particular topics extend to more than 30 such organizations.

Another type of liaison and coordination is that within joint committees. The Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) maintains and promotes the use of the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (known as the GUM) and the International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (known as the VIM). Currently chaired by the BIPM, which provides the Executive Secretary and participate in the working groups, the other member organizations are: IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML.

The BIPM is a member and provides the Secretariat and operates the database for the he Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM), with the IFCC and ILAC. The JCTLM provides a worldwide platform to promote and give guidance on internationally recognized and accepted equivalence of measurements in laboratory medicine and traceability to appropriate measurement standards.

The BIPM also participates in the DCMAS Network, the network on Metrology, Accreditation and Standardization for Developing Countries which allows a variety of organizations to exchange information and where possible collaborate in supporting the development of technical infrastructures to support sustainable development and trade in developing countries and countries in transition. In addition to the BIPM the network participants are: IAF, IEC, ILAC, ISO, ITC-ITU, OIML, UNIDO and UNECE.

The BIPM actively encourages those countries which do not yet participate in the activities of the BIPM to become either Associates of the CGPM or full Members. In addition, the BIPM promotes international metrology through activities such as the posters and promotional materials for “World Metrology Day” which is celebrated annually on 20 May, the anniversary of the signing of the Metre Convention in 1875. The World Metrology Day

initiative, run jointly by the BIPM and the OIML, has become a major opportunity for NMIs to raise awareness of the importance of metrology among the public and their key stakeholders. Many NMIs display the poster and hold national events and the BIPM and OIML operate a dedicated web area devoted to the initiative.

Executive Secretaries and other international liaisons in science departments

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
CM-A1	Coordination and Support to the CCM (Mass and Related Quantities)	Provision of the CCM Executive Secretary, general support to the CC and WGs plus specifically support for: 1) Two CCM meetings: 2) Four annual meetings of CCM working groups 3) Coordinate review of CC and RMO comparison reports before publication 4) Coordinate review of CC and RMO comparison reports before publication 5) Related liaisons with RMOs.	a) 16 pers months b) 4.3 k€ c) 0 k€
CE-A1.1	Coordination and Support to the CCEM (Electricity and Magnetism)	Provision of the CCEM Executive Secretary, general support to the CC and WGs plus specifically support for: 1) Two CCEM meetings 2) Four annual meetings of CCEM working groups (12 meetings) 3) Coordinate review of CC and RMO comparison reports before publication 4) Related liaisons with RMOs.	a) 14 pers months b) 8.4 k€ c) 0 k€
CE-A1.2	Coordination and Support to the CCPR (Photometry and Radiometry)	Provision of the CCPR Executive Secretary, general support to the CC and WGs plus specifically support for: 1) Two CCPR meetings 2) Four annual meetings of CCPR working groups (12 meetings) 3) Related liaison with International Commission on Illumination (CIE) and RMOs 4) Coordinate review of CC and RMO comparison reports before publication 5) Related liaisons with RMOs.	a) 6 pers months b) 2 k€ c) 0 k€

CT-A1.1	<p>Coordination and promotion of SI time activities for the advancement in the development of time scales</p> <p>Activities within the scope of/linking to/cooperating with:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ITU - IGS - ICG - Space agencies operating GNSS - NMIs 	<ol style="list-style-type: none"> 1) TAI/UTC/TT(BIPM)/ maintenance 2) GNSS time transfer 3) GNSS coordination 4) Support to GNSS system times 5) Time and frequency transfer methods. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 24 pers months b) 120 k€ c) 0 k€
CT-A1.2	<p>Coordination and promotion of SI time activities for scientific applications</p> <p>Activities within the scope of/linking to/cooperating with:</p> <ul style="list-style-type: none"> - IERS - IAU - IUGG/IAG - URSI 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Space-time references, IERS Conventions 2) Timescales for astronomy/TT(BIPM)/Pulsar timescales 3) Time references for geodetic and geophysical applications Geodetic references. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 16 pers months b) 50 k€ c) 0 k€
CT-A1.3	<p>Coordination and Support to the CCTF (Time and Frequency)</p>	<p>Provision of the CCTF Executive Secretary, general support to the CC and WGs plus specifically support for:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Coordination between NMIs for the maintenance of UTC 2) Monitoring and validation of the BIPM Time Department activities and plans 3) Development of strategic plans 4) Key comparisons in time and frequency 5) Recommendation of standard frequencies as secondary representations of the second 6) Secretariat of CCTF and WGs 7) Participation in WGs. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 16 pers months b) 25 k€ c) 0 k€
CT-A1.4	<p>Coordination and Support to the CCL (Length)</p>	<p>Provision of the CCL Executive Secretary. Support for:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) CCL Meetings 2) Coordination between NMIs for length related activities 3) Development of strategic plans 4) Key comparisons in length, support to comparisons of stabilized lasers piloted by NMIs 5) Recommendation of standard frequencies for the practical realization of the metre 6) Participation in WGs 	<ol style="list-style-type: none"> a) 4 pers months b) 5 k€ c) 0 k€
CQM-A1.1	<p>Coordination and Support to the CCQM (Amount of Substance: Metrology in Chemistry)</p>	<p>Provision of the CCQM Executive Secretary. Support for:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Four CCQM Plenary Meetings 2) Nine CCQM working groups (36 Meetings) 3) Participate in the pool of experts reviewing CC and RMO comparison and pilot study reports before publication 4) Development of strategic plans 5) Related liaisons with RMOs. 	<ol style="list-style-type: none"> a) 22 pers months b) 42 k€ c) 0 k€

CQM-A1.2	Coordination of JCTLM Activities	Support for: 1) JCTLM Executive and WGs (eight meetings) 2) JCTLM Database entry/nomination review process Maintenance of: JCTLM Database.	a) 26 pers months b) 52 k€ c) 0 k€
CQM-A1.3	Liaison and coordination activities	Liaison activities with: IUPAC; ISO TC 212, IFCC, WMO, WHO, WADA, Codex, ISO TC 146.	a) 12 pers months b) 18 k€ c) 0 k€
CIR-A1.1	Coordination and Support to the CCRI (Ionizing Radiation)	Provision of the CCRI Executive Secretary, general support to CC and WGs plus specifically support for: 1) Biennial CCRI and sections I, II and III meetings 2) Regular meetings of five working groups 3) Review of CC and RMO comparison reports before publication 4) Development of strategic plans 5) Publication of BIPM <i>Monographies</i> 6) Review of CC and RMO comparison reports before publication 7) Related liaisons with RMOs.	a) 20 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
CIR-A1.2	Coordination and Support to the CCAUV (Acoustics, ultrasound and vibration)	Provision of the CCAUV Executive Secretary: support and advice to CC and WGs including:- 1) Biennial CCAUV and three WG meetings 2) Pro-active interaction on strategy and communication 3) Coordinate review of CC and RMO comparison reports before publication 4) Related liaisons with RMOs.	a) 6 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
CIR-A1.3	Coordination and Support to the CCT (Thermometry)	Provision of the CCT Executive Secretary: support and advice to CC and WGs including:- 1) Biennial CCT and ten WG meetings 2) Pro-active interaction on strategy and communication 3) Coordinate review of CC and RMO comparison reports before publication 4) Related liaisons with RMOs.	a) 6 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
CIR-A1.4	Support to JCGM/WG1	- Two annual meetings, Executive Secretary and <i>Rapporteur</i> .	a) 5 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
CIR-A1.5	International scientific collaboration	- International Commission on Radiation Units (ICRU) (Commissioner and sponsor of Report Committees), - International Atomic Energy Agency (IAEA) (SSDL Scientific Committee), - International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) (Scientific Committee and technical refereeing).	a) 12 pers months b) 0 k€ c) 0 k€

International liaison activities delivered at corporate level by the ILC Department

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
ILC-1.1	Corporate Liaison and Coordination	Support for and representation to: RMOs - (AFRIMETS, APMP, COOMET, EURAMERT, SIM and <i>GULFMET</i>). International/intergovernmental: OIML, ILAC, ISO, WMO, WTO, IUPAC, IUPAP, IEC, IFCC, CODATA TGFC.	a) 44 pers months b) 134 k€ c) 28 k€
ILC-1.2	CIPM MRA	JCRB Executive Secretary and CMC review website. KCDB Office and databases entry/nomination review process. Maintenance of the KCDB.	a) 52 pers months + 48 pers months secondment b) 20 k€ c) 200k€ (new KCDB and CMC review website)
ILC-1.3	Support to BIPM Director, CIPM and promotion of the Metre Convention	Support to the BIPM Director, CIPM, Member States and Associates. Promotion of the Metre Convention and support to potential Member States and Associates.	a) 44 pers months b) 40 k€ c) 0 k€
ILC-1.4	Support to the CCU (units)	Provision of the CCU Executive Secretary, general support to the CCU. Participation in the elaboration of the 9 th edition of the SI Brochure.	a) 12 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
ILC-1.5	Coordination of JCGM	Provision of JCGM (one annual meeting) and JCGM WG2 (two annual meetings) Executive Secretary and <i>rapporteur</i> , general support to JCGM, representation in JCGM WG2, maintainance of JCGM products on the BIPM website.	a) 8 pers months b) 0 k€ c) 0 k€
ILC-2.1	Publications	Drafting/Minuting reports, including editing, translation into French, typesetting and publication of CIPM and BIPM reports, publications and posters.	a) 128 pers months b) 245 k€ c) 0 k€
ILC-2.2	<i>Metrologia</i>	Editor and publication of <i>Metrologia</i> .	a) 24 pers months b) 46 k€ IoPP, (note 400k income for BIPM) c) 0 k€
ILC3.0	Library services	Journal subscriptions (on-line or hard copy) buy-per-view scientific articles and books for BIPM staff)	a) 4 pers months b) 398 k€ c) 14 k€
ILC4.0	BIPM Website	Provision of BIPM internet and intranet	a) 36 pers months b) 37 k€ c) 25 k€
ILC5.0	Workshops on key topics identified by the CIPM and support to a combined metrology school	“X Grand challenge CIPM workshops plus Metrology school delivered collaboratively with Verona”	a) 0 pers months b) 140 k€ c) 0 k€

In addition around 600 k€ is required over the programme life for routine meetings of CCs, CC Working Groups, the CIPM, NMI Directors and Member State Representatives hosted by the BIPM, plus one General Conference on Weights and Measures. Meetings involve around 1500 participants per year.

Alternative activities in International Liaison and Communication - not covered by the proposed budget

ILC 6.0 (additional project) not numbered	<u>Additional support to ILC 1.1 and ILC 1.3 and ILC 5.0</u>	Greater outreach and more follow up of liaison opportunities.	a) 24 pers months (Secondment)
--	--	---	--------------------------------

MANAGEMENT AND OPERATIONS

Departmental Management time

Project Code	Name	Deliverables	Resources in: a) Person months b) Operating costs c) Capital investment
	BIPM Director (100 % to management) and five Departmental Directors (Physical, Time, Chemistry, Ionizing Radiation and International Liaison and Communication)	Management of the BIPM plus managing Departments and contribution to Management Team (staff matters and staff reporting, managing programme delivery, budgeting and financial control, management meetings, building and site matters, reporting (Directors report, CIPM, next BIPM work programme)	a) 120 pers months b) 0 k€ c) 0 k€

Director

The BIPM Director's time has been allocated as management time.

Directors Office: Financial, Legal and HR

The Finance, Budget and Procurement Office addresses the BIPM's annual accounts and financial statements, medium- and long-term plans, annual budget and a range of financial management functions to meet corporate needs as well as those of the scientific departments and includes cash management, purchasing and pay role, and involves 3 staff (3 Full Time Equivalent (FTE)).

The BIPM Legal, Administration and Human Resources Office addresses all legal issues including those related to the Regulations, Rules and Instructions applicable to staff members and the Regulations and Rules of the BIPM Pension and Provident Fund, agreements such as Memoranda of Understanding and complex purchase contracts and agreements, international institutional law and international law; as well as all human resource issues, and involves two staff (2 FTE).

Secretariat, Reception and Housekeeping

The Secretariat and Housekeeping Office supports the Director and, among other responsibilities, the ever-growing workload related to the administrative coordination of the Consultative Committees. This includes issuing invitations and support related to meetings organized by the BIPM, supporting the scientific Executive Secretaries as well as visiting delegates. Housekeeping services ensure the BIPM is cleaned, reception manned, and

meeting services, including meals, provided. The Secretariat involves three staff including the Secretary to the Director (one shared with International Liaison and Communications Department) and housekeeping involves six staff (6 FTE).

Quality, Health and Safety, Grounds and Security

The quality and occupational health and safety system is administrated by a Quality, Health and Safety Manager who is also responsible for the BIPM grounds.

The BIPM maintains a self-declared quality system based on ISO/IEC 17025:2005 “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories” for its calibrations and measurements, and extends the principles of the standard to all laboratory comparison activities. The relevant parts of ISO Guide 34:2009 “General requirements for the competence of reference materials producers” are implemented within the Chemistry Department. The quality system is routinely audited both internally and also externally by experts from leading NMIs and the system is periodically presented to a group of regional quality experts from the Regional Metrology Organization (on a rotating basis).

The BIPM maintains an Occupational Health and Safety management system that is consistent with BS OHSAS 18001:2007 – “Occupational health and safety management systems – Requirements”. Occupational health and safety is audited internally and subject to a variety of external technical controls (following French law) related to key risk aspects such as electrical, pressure, ionizing radiation, lightning protection and fire hazards.

The BIPM is located in the *Domaine national de Saint-Cloud*, a historic site granted by the French Government. The Pavillon de Breteuil and the six other buildings erected since the creation of the BIPM and the grounds must be maintained to a high standard. The maintenance of buildings, ranging in date from the seventeenth century (the Pavillon de Breteuil and the Petit Pavillon) to the present day, requires a wide range of skills and techniques. The BIPM operates a “site guardian” service supplemented by external contractors. Quality, Health and Safety, site security and maintaining the grounds involve six staff (5 FTE), with two of the staff working half of their time in the site maintenance team.

Workshop and Site Maintenance

A mechanical workshop is essential for the efficient operation of a scientific laboratory such as the BIPM. The workshop not only designs and manufactures specific components for research instrumentation at the BIPM, such as the watt balance and the calculable capacitor, but also provides the special parts needed to adapt NMI standards to the BIPM reference facilities. It also repairs damaged equipment on the spot allowing comparisons and calibrations to run without major delays. The operation of such a mechanical workshop is an indispensable prerequisite for the efficient running of the BIPM. The mechanical workshop also produces platinum/iridium copies of the kilogram prototype against reimbursement of cost. This is a unique service that is only available to Member States. In addition workshop staff assist with general building maintenance tasks. The workshop and site maintenance involve seven staff (6 FTE), two of the staff working part of half of their time in the Grounds team.

IT Services

Like any other scientific institution, the BIPM relies heavily on a fully operational IT support service. In particular the KCDB and JCTLM databases need to be accessible to the outside world on a permanent basis. The need to establish International Atomic Time (TAI) and Universal Coordinated Time (UTC) is dependent on the reliability and security of the BIPM's IT services. In addition to these tasks the typical spectrum of hardware and software for scientific, financial and administrative computing, and computerized instrument operation as well as electronic communication needs to be covered by the IT services. IT services involves two staff and the team is managed by the Director of the Chemistry Department (2 FTE).

ACRONYMS USED IN THE WORK PROGRAMME

AFRIMETS	Inter-Africa Metrology System
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
BIPM	International Bureau of Weights and Measures
CC	Consultative Committee of the CIPM
CCAUV	Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration
CCEM	Consultative Committee for Electricity and Magnetism
CCL	Consultative Committee for Length
CCM	Consultative Committee for Mass and Related Quantities
CCPR	Consultative Committee for Photometry and Radiometry
CCQM	Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry
CCRI	Consultative Committee for Ionizing Radiation
CCRI(I)	CCRI Section I: x- and gamma rays, charged particles
CCRI(II)	CCRI Section II: Measurement of radionuclides
CCRI(III)	CCRI Section III : Neutron measurements
CCT	Consultative Committee for Thermometry
CCTF	Consultative Committee for Time and Frequency
CCU	Consultative Committee for Units
CIPM	International Committee for Weights and Measures
CIPM MRA	CIPM Mutual Recognition Arrangement
CNES	<i>Centre National d'Études Spatiales</i> (France)
Codex Alimentarius:	Commission under the Joint FAO/WHO Food Standards Programme
COOMET	Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions
DCMAS Network	Network on Metrology, Accreditation and Standardization for Developing Countries
ERMS	BIPM Ensemble of Reference Mass Standards
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GaAs	Gallium arsenide
GNSS	Global Navigation Satellite System
GULFMET	Gulf Association for Metrology
GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
HDR	High dose rate
HR	Human Resources
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAF	International Accreditation Forum
IAG	International Association of Geodesy
IAU	International Astronomical Union
ICG	Internal Committee on Global Navigation Satellite Systems

ICRM	International Committee for Radionuclide Metrology
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IEC	International Electrotechnical Commission
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
IGS	International GPS Service
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IOMP	International Organization for Medical Physics
IPK	International prototype of the kilogram
ISO	International Organization for Standardization
ITS 90	International Time Scale of 1990
ITU	International Telecommunication Union
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics
JCGM	Joint Committee for Guides in Metrology
JCRB	Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
JCTLM	Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine
JVS	Josephson voltage standards
KCDB	BIPM key comparison database
KCRV	Key Comparison Reference Value
LDR	Low dose rate
LSC	Liquid scintillation counting
MMM	Measurements Method Matrix
NMI	National Metrology Institute
OIML	International Organization for Legal Metrology
PET	Positron Emission Tomography
QHR	quantum Hall resistance
RMO	Regional Metrology Organization
SI	International System of Units
SIM	Inter-American Metrology System
SIR	International Reference System for gamma-ray emitting radionuclides
SIRTI	Transfer Instrument of the SIR
SSDL	IAEA Secondary Standards Dosimetry Laboratory
TAI	International Atomic Time
TDCR	Triple-to-Double Coincidence Ratio Technique
TWSTFT	Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
URSI	International Union of Radio Science

UTC	Coordinated Universal Time
UTCr	rapid UTC
VIM	International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology
WADA	World Anti-Doping Agency
WHO	World Health Organization
WMO	World Meteorological Organization
WTO	World Trade Organization.

Appendix C

Proposal for a “BIPM Visitor Programme 2016-2019”

Introduction and aims of the programme

This proposal has been developed as part of the BIPM’s mission to “ensure and promote the global comparability of measurements”. It addresses the need to strengthen the world-wide metrology infrastructure by building the necessary human and institutional components in those Member States that do not have a well-developed metrology infrastructure. It proposes work to be carried out by the BIPM in collaboration with the RMOs with the following aims:

- To strengthen the capacity of the international metrology community to operate the world-wide measurement system on an equitable cost-shared basis, and
- To support Member States in developing the metrology infrastructure needed to underpin their national efforts towards the 2015 Millennium Development Goals¹ and the Rio+20 Sustainable Development Goals².

The proposal was triggered by Resolution 5 of the 24th meeting of the CGPM which invited the CIPM to bring forward proposals by which “*intergovernmental organizations, in particular those from regions without well-developed metrology infrastructure, can be involved in the work of the BIPM*”.

This proposal is additional to the well-established practice of engaging visiting scientists as part of the BIPM laboratory programme. The opportunities proposed here are aimed at staff from NMIs in states with emerging metrology systems and will contribute to strengthening the expertise available at such NMIs and in the RMOs.

Objectives of the programme and proposed activities

The objectives of the proposed programme are:

- To increase the number of NMIs capable of contributing strongly to the global metrology community, and in particular being able to contribute to the work of their RMOs.
- To increase awareness of the benefits of a well-developed global metrology infrastructure among international organizations that are concerned with developing global trade and quality infrastructure.

¹ www.un.org/millenniumgoals/

² <http://sustainabledevelopment.un.org/index.html>

- To support Member States that are developing the human and institutional components of their metrology systems to support the Millennium Development Goals and Sustainable Development Goals through the organization of a comparison of specific interest to the developing world (selected in consultation with the RMOs).

The programme will address these objectives through three types of activity:

- Establishing new opportunities for visiting staff to work at the BIPM from Member States that are currently developing their metrology infrastructure.
- Promoting the need for states to develop their metrology infrastructure through the training and “awareness building activities” of the Network on Metrology, Accreditation and Standardization for Developing Countries (DCMAS)³.
- Organization of a comparison of specific relevance to the Millennium Development Goals (for example, a comparison relevant to basic healthcare or monitoring the environment).

The opportunities proposed here are for visiting staff from Member States with emerging measurement systems and are in addition to the visiting opportunities proposed in the BIPM Work Programme 2016-2019 which are open to all Member States.

Impact of the Proposed Programme

The impact of the proposed programme will be apparent in several different ways:

- NMIs that are developing their metrology infrastructure will benefit from sending staff to the BIPM on secondment. When such visitors return to their NMIs they will take with them the benefits of exposure to the operation of the world-wide metrology system experienced during their time at the BIPM.
- The RMOs will participate in the process of identifying the highest priority candidates to take part in the programme and will benefit from the stronger contribution that those individuals will be able to make to the RMO’s activities.
- The world-wide metrology infrastructure will benefit from access to an enlarged pool of scientific and technical staff leading to the work being shared on a more equitable cost-shared basis world-wide.

A further impact of the proposed programme is that Membership of the Metre Convention will have a more tangible benefit to those Associate States that have been formally encouraged to join.

³ DCMAS is a collaboration between BIPM, ILAC, ISO, OIML, UNECE, UNIDO, and four other international organizations.

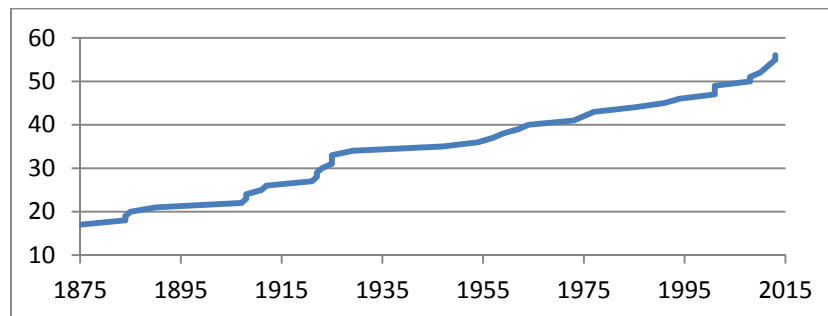
Rationale for the BIPM Visitor Programme

Whilst the technical and coordination work of the BIPM is focused at the international level, its mission envisages a level of comparability of measurements that can only be achieved if all Member States invest in the necessary human and institutional capacity. Indeed, the benefits derived by any particular state from investing in measurement capability are greatly increased as other states develop their own capabilities to similar levels. This enables the minimization of duplicate measurement between trading parties. It also ensures that all states can contribute to supporting the global measurement system and hence that its costs are shared equitably.

Additionally, the BIPM is able to help address the needs of States whose national capability is developing, through its role in coordinating activities to improve the global measurement system and also in promoting the importance of metrology to science, industry and society. This Visitor Programme puts forward specific proposals to increase the impact of the BIPM's activities in this area.

The Development of the Membership of the Metre Convention

Since the signing of the Metre Convention by 17 States in 1875, it has grown to a membership of 56 States in 2014. Approximately 25 % of the current Member States acceded to the Metre Convention since its centenary year in 1975. Many Member States that have acceded since then are not able to take full advantage of the scientific and technical opportunities of BIPM membership because their metrology systems have not reached a level of development where they meet the technical and organizational criteria for full engagement with the Consultative Committees of the CIPM. Such Member States have “emerging metrology systems” and are generally undergoing rapid developments in their human and institutional capacity.

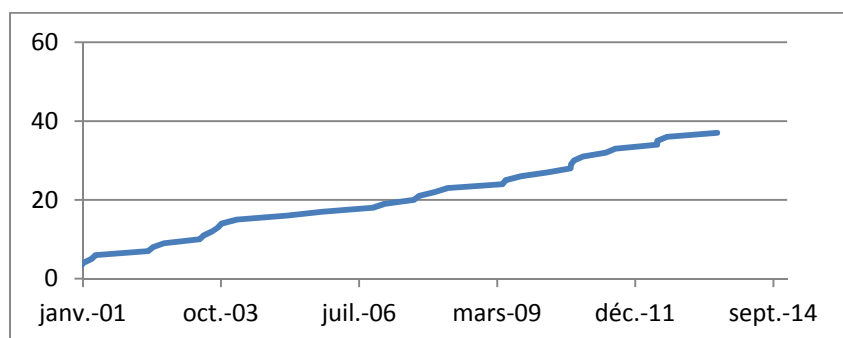


Development of membership of the Metre Convention since 1875

In 1999, the 21st CGPM created the new category of “Associate State or Economy of the CGPM” of which there are 39 in 2014. As a result of the decision by the 24th CGPM (2011) to double the minimum level of subscriptions, the income to the BIPM from subscriptions is equivalent to more than 4 % of the dotation paid by Member States⁴. Among these

⁴ In 2013, the subscriptions received from Associates States and Economies were 530 k euros and the contributions received from Member States were 11 744 k euros.

Associate States, there are currently 15 that satisfy defined criteria and have now been formally encouraged to accede to the Metre Convention. They are considered to be “Prospective Member States”. As a result of a Resolution of the 24th CGPM (2011), their subscriptions are increasing (or will start to increase from a defined date)⁵ to a level where they will be 90 % of their notional contribution as a Member State. The number of such states is expected to increase further during 2014.⁶ The decision as to when to become a Member State is generally influenced by the benefits of membership that a state will be able to access in the short term. Additional benefits accrued on accession such as access to a properly funded BIPM Visitor Programme can only help in the discussions held internally within states prior to accession.



Growth in the number of Associates of the CGPM

The Work of the Regional Metrology Organizations and the BIPM in Demonstrating the Global Equivalence of Measurements

At present, the majority of the coordination work needed to coordinate the world-wide comparability of measurements is carried out by the RMOs and the BIPM. In this respect, the RMOs depend on a relatively small number of their NMIs to take the leading roles, particularly those relating to the CIPM MRA. In order to share the costs of these activities more equitably among the NMIs there is a need to increase the number of NMIs with the necessary institutional and human capacity.

The BIPM Visitor Programme will address this requirement by providing individuals from NMIs in Member States that do not have a well-developed metrology infrastructure with exposure to the technical and coordination work of the BIPM. In order to ensure that the proposed programme has the greatest impact at the regional level, it is proposed that the RMOs will be involved in the identification of the most suitable candidates.

In the same way that the proposed programme will address the need to share the costs of regional and world-wide coordination work equitably, it will also address the same trend in the technical work required to coordinate key comparisons at the global level. At present

⁵ Belarus, Costa Rica, Cuba, Ecuador, FYR Macedonia, Jamaica, Lithuania, Latvia, Panama, Republic of Albania, Republic of Moldova, Republic of the Philippines, Slovenia, Ukraine and Viet Nam.

⁶ Estonia, Georgia, Peru and Paraguay will meet the criteria before the 25th meeting of the CGPM.

these responsibilities are taken by the BIPM and a small number of the larger NMIs that have the necessary resources and expertise. A specific objective of this programme is to seek a long-term re-balancing of this commitment. The opportunities for Visiting Scientists to work at the BIPM supported by this programme will build the capacity in Member States with emerging metrology systems to take a role in coordinating key comparisons at the global level in the future.

Increased metrology capacity among Member States with emerging metrology systems will improve the quality and safety of goods and products traded by these countries. It will also improve the world-wide response to grand challenges that rely on global data.

National Infrastructure to address sustainable development and the Millennium Development Goals

The development agenda among International Organizations and their member states is currently centered on the Millennium Development Goals (MDGs) that were officially established following a United Nations summit in 2000. The MDGs encapsulate eight globally-agreed goals, of which the actions in the areas of access to food and water, environmental sustainability, and reducing communicable diseases, are the most dependent on access to a robust quality and measurement infrastructure at a national level. As the target date of 2015 for the MDGs is approaching, a debate on the framework of international development beyond 2015 has started. In this context, 192 UN member states agreed to start a process of designing sustainable development goals (SDGs) at the Rio+20 summit. It is apparent from the preliminary consultation phase that the SDGs will address and include targets related to topics such as technologies for sustainable development, health, climate change and the environment.

Successful progress towards these goals and the wider sustainable development agenda can only be built on infrastructure developed at the national level that can underpin activities and monitor their results. Important parts of this infrastructure are the technical and administrative functions that enable a comparable basis for measurements. These provide a transparent and cost-effective foundation to ensure the quality of food, water, pharmaceuticals and medical diagnostics. For example, by providing,

- reference materials and methods to ensure measurements are adequate to control mycotoxin contamination in both food crops and feed and ensure safety for both internal and export markets;
- certified reference materials to ensure the quality and efficiency of diagnostics for diseases such as tuberculosis.

Proposed activities

It is proposed that the programme will run for four years, and be integrated into the BIPM Work Programme 2016-2019. Activities are proposed in three areas:

VP-A1 - “Visiting” opportunities for scientists from Member States with “emerging metrology systems” to work at the BIPM.

An aim of this programme is to strengthen the capacity of the international metrology community by offering opportunities for visiting scientists to work at the BIPM. To achieve the objectives of the programme, applications to take part in the programme will be prioritized in favour of visiting scientists from states with emerging measurement systems. It is proposed that the RMOs will be involved in establishing the criteria used for this prioritization and identifying potential candidates.

It should be recognized that the visiting opportunities proposed as part of this programme are separate from those proposed in the BIPM Work Programme 2016-2019. The opportunities in the latter are principally aimed at visitors who will be able to make a strong contribution to the work carried out at the BIPM for its Member States. The opportunities proposed here are aimed at visitors who will benefit from technology transfer in the BIPM laboratories and from exposure to specific training from BIPM staff relating to the world-wide measurement system.

It is proposed that the duration of the visiting opportunities proposed here will typically be 2 to 3 months. The laboratory work will largely involve the mass and time laboratories of the BIPM, together with involvement in the comparison described in VP-A3 below which is likely to be focused within the BIPM chemistry laboratories.

The programme will be operated in liaison with those NMIs that organise dedicated training programmes aimed at developing metrology capacity in other states.

VP-A2 - Promotion of the Visitor Programme and outreach to Member States with emerging measurement systems.

Both aims of the programme will be addressed by a range of promotional and outreach activities. These will include: workshop(s) and a Summer School focused on the needs of Member States with emerging measurement systems. These will be based on new support material of specific relevance to states with emerging metrology systems.

Additionally, the BIPM will participate more actively in delivering the metrology component of the training programme on Quality Infrastructure organized by the revitalized DCMAS Network.

VP-A3 - Organization of a comparison of specific relevance to the Millennium Development Goals (for example, a comparison relevant to basic healthcare).

The second aim of this programme is to support Member States in developing the metrology infrastructure needed to underpin their national efforts towards the 2015 Millennium Development Goals and the Rio+20 Sustainable Development Goals. It is proposed that this will be met by carrying out a comparison of relevance to the metrology systems needed to underpin basic healthcare. The comparison will be of specific interest to the developing world and will be selected in consultation with the RMOs.

Outline tasks and estimated costs

Task / Activities		Resources	
		Number of person months	Operating costs (in k euros)
VP-A1 - “Visiting” opportunities for scientists from Member States with “emerging metrology systems” to work at the BIPM.			
	<p>Promotion of opportunities in the Visitor Programme and liaison with the RMOs and NMIs with global metrology training programmes.</p> <p>Selection of priority candidates (against criteria established in consultation with the RMOs).</p> <p>Identification of opportunities within the BIPM WP of greatest benefit to participants in the Visitor Programme. Development of a plan of activities for each participant.</p> <p>Support for approximately 240 person-months of participation of typically 2 to 3 months for each visitor.</p> <p>Coordination of travel and accommodation</p> <p>Supervision of time spent at the BIPM</p> <p>Review of benefits for participants</p>	26	900
VP-A2 - Promotion of the Visitor Programme and outreach to Member States with emerging measurement systems.			
	<p>Workshop(s) and a Summer School focused on the needs of MS with emerging measurement systems.</p> <p>Preparation of new support material of specific relevance to states with emerging metrology systems.</p> <p>Greater participation in delivering the metrology component of the training programme on Quality Infrastructure organized by the revitalized DCMAS Network.</p> <p>Improved input to Conformity Assessment materials produced and distributed by other organizations (eg ISO and ILAC).</p> <p>Resources focused on MS with emerging measurement systems for World Metrology Day through the BIPM and MetrologyInfo websites.</p>	16	300
VP-A3 - Organization of a comparison of specific relevance to the Millennium Development Goals (for example, a comparison relevant to basic healthcare or the environment).			
	<p>Development of plans for comparison activity in consultation with the RMOs.</p> <p>Method development and piloting of a comparison (led by a fixed-term scientist for 3 years (at 300 k euro) with 200 k euro laboratory costs</p> <p>Review of benefits for participants, Member States and the BIPM.</p>	6	500
Total (over a 4-year programme)		48 person months	1700

Liste des sigles utilisés dans le présent volume

List of acronyms used in the present volume

ACES	Atomic Clock Ensemble in Space
ACR	Accord commercial regional
ADN	Acide désoxyribonucléique
AFRIMETS	Système intra-africain de métrologie/Intra-Africa Metrology System
AGAGE	Advanced Global Atmospheric Gases Experiment
AGGI	Annual Greenhouse Gas Index/Indice annuel d'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AIG	Association internationale de géodésie
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (Japon/Japan)
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme
AQSIQ	General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (Chine/China)
ARPANSA	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (Australie/Australia)
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations/Association des nations de l'Asie du Sud-Est
AUV	Acoustics, Ultrasound and Vibration
BAWG	CCQM Working Group on Bioanalysis
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Autriche/Austria)
BIML	Bureau international de métrologie légale/International Bureau of Legal Metrology
BIPM	Bureau international des poids et mesures/International Bureau of Weights and Measures
BMC	Best Measurement Capability/Meilleure aptitude de mesure
BSWG	CCRI Brachytherapy Standards Working Group
CARICOM	Caribbean Community/Communauté des Caraïbes
CARS	Coherent anti-Stokes Raman scattering
CASCO	Comité de l'ISO pour l'évaluation de la conformité/ISO Committee on conformity assessment
CC	Consultative Committee of the CIPM

CCAUV	Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations/Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration
CCEM	Comité consultatif d'électricité et magnétisme/Consultative Committee for Electricity and Magnetism
CCL	Comité consultatif des longueurs/Consultative Committee for Length
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées/Consultative Committee for Mass and Related Quantities
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie/Consultative Committee for Photometry and Radiometry
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie et biologie/Consultative Committee for Amount of Substance : Metrology in chemistry and biology
CCRI	Comité consultatif des rayonnements ionisants/Consultative Committee for Ionizing Radiation
CCT	Comité consultatif de thermométrie/Consultative Committee for Thermometry
CCTF	Comité consultatif du temps et des fréquences/Consultative Committee for Time and Frequency
CCU	Comité consultatif des unités/Consultative Committee for Units
CEC	CGPM Committee for CIPM Election
CEE-ONU	Commission économique pour l'Europe des Nations Unies
CE-MS	Capillary electrophoresis–mass spectrometry
CERN	European Organization for Nuclear Research/Organisation européenne pour la recherche nucléaire
CFC	Chlorofluorocarbon/Chlorofluorocarbure
CGPM	Conférence générale des poids et mesures/General Conference on Weights and Measures
CIE	Commission internationale de l'éclairage/International Commission on Illumination
CIML	Comité international de métrologie légale/International Committee of Legal Metrology
CIMO	Commission for Instruments and Methods of Observations of the WMO/Commission des instruments et des méthodes d'observation de l'OMM
CIPM	Comité international des poids et mesures/International Committee for Weights and Measures
CIPM MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie/Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes

CMC	Calibration and Measurement Capability/Aptitude en matière de mesures et d'étalonnages
CMI	Český Metrologický Institut/Czech Metrological Institute (République tchèque/Czech Republic)
CMM	Coordinate Measuring Machine
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentine/Argentina)
CNES	Centre national d'études spatiales (France)
CNRC	Conseil national de recherches Canada (Canada)
CNRS	Centre national de la recherche scientifique (France)
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
Codex Alimentarius	Commission du Programme mixte de la FAO et de l'OMS sur les normes alimentaires/Commission under the Joint FAO/WHO Food Standards Programme
COOMET	Coopération métrologique entre les États d'Europe centrale/Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions
CPEM	Conférence on Precision Electromagnetic Measurements/Conférence sur les mesures électromagnétiques de précision
CRDS	Cavity ring-down spectroscopy
DCMAS	Developing Countries Metrology Accreditation and Standards Network /Réseau de métrologie, d'accréditation et de normalisation pour les pays en développement
DGKL	Deutsche Vereinte Gesellschaft für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin (Allemagne/Germany)
DI	Designated Institute
DNA	Deoxyribonucleic acid
dPCR	Digital polymerase chain reaction
DQO	Data Quality Objective
EAL	Échelle atomique libre/Free Atomic Time Scale
EAWG	CCQM Working Group on Electrochemical Analysis
ECV	Essential Climate Variable/Variable climatique essentielle
EIT-90	Échelle internationale de température de 1990
EMRP	European Metrology Research Programme/Programme de recherche européen sur la métrologie
ENEA-INMRI	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (Italie/Italy)
EQUALIS	External Quality Assurance In Laboratory Medicine In Sweden (Suède/Sweden)
ERMS	BIPM Ensemble of Reference Mass Standards

ESA	European Space Agency/Agence spatiale européenne
ESIR	Extended SIR
ESWG	CCRI Working Group on the extension of the SIR to β -emitters using liquid scintillation
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations/Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FFF	Field flow fractionation/Fractionnement flux-force
FSMA	Food Safety Modernization Act/Loi de modernisation de la sécurité sanitaire des aliments
GAW	WMO Global Atmosphere Watch programme
GAWG	CCQM Working Group on Gas Analysis
GHC	Greenhouse gas
GNSS	Global Navigation Satellite System/Système global de navigation par satellite
GPS	Global Positioning System
GT-RF	CCEM Working Group on Radiofrequency Quantities
GULFMET	Gulf Association for Metrology
GUM	Glówny Urząd Miar/Central Office of Measures (Pologne/Poland)
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure/Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
HDX	Hydrogen Deuterium Exchange
HMI	Croatian Metrology Institute - Laboratory for Testing of Mechanical Properties (Croatie/Croatia)
IACT	International Association of Chemical Thermodynamics
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAG	International Association of Geodesy
IAPSO	International Association for the Physical Sciences of the Oceans/Association internationale des sciences physiques de l'océan
IAPWS	International Association for the Properties of Water and Steam/Association internationale pour les propriétés de l'eau et de la vapeur
IAU	International Astronomical Union
IAWG	CCQM Working Group on Inorganic Analysis
ICOS	Integrated Carbon Observation System/Système européen intégré d'observation du carbone
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
ICRM	International Committee for Radionuclide Metrology

ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
ICT	Information and Communications Technology
ICTAC	International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry
IEC	International Electrotechnical Commission/Commission électrotechnique internationale
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine/ Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire
IFIN-HH	“Horia Halubei” National Institute of Research and Development for Physics and Nuclear Engineering (Roumanie/Romania)
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Brésil/Brazil)
INSTAND	Institution for Standardisation and Documentation in the Medical Laboratory (Allemagne/Germany)
IOMP	International Organization for Medical Physics
IPK	International Prototype of the Kilogram
ISO	International Organization for Standardization/Organisation internationale de normalisation
ISO CASCO	Comité pour l'évaluation de la conformité de l'ISO/ISO Committee on Conformity Assessment
ISO GPS	ISO Geometrical Product Specification/Spécification géométrique des produits
ITS-90	International Temperature Scale of 1990
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
IUVSTA	International Union for Vacuum Science, Technique and Applications
JCGM	Joint Committee for Guides in Metrology/Comité commun pour les guides en métrologie
JCRB	Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM/ Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
JCS	Joint Committee on Seawater
JCTLM	Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire/Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine
JRC	European Commission Joint Research Centre/Centre commun de recherche de la Commission européenne
JWGFS	Joint CCL-CCTF Frequency Standards Working Group
KC	Key Comparison

KCDB	BIPM Key Comparison Database/Base de données du BIPM sur les comparaisons clés
KCRV	Key Comparison Reference Value/Valeur de référence d'une comparaison clé
KCWG	CCQM / CCRI / CCAUV Working Group on Key Comparisons
KEBS	Kenya Bureau of Standards (Kenya)
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science (République de Corée/Republic of Korea)
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay (Uruguay)
LDR	Low-dose rate
LED	Light-Emitting Diode/Diode électroluminescente
LHC	Large Hadron Collider/Grand collisionneur de hadrons
LKB	Laboratoire Kastler Brossel (France)
LMI	Legal Metrology Institute
LNE	Laboratoire national de métrologie et d'essais (France)
LNE-LNHB	LNE - Laboratoire National Henri Becquerel (France)
LNMRI/IRD	Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (Brésil/Brazil)
MBSG	CCQM <i>ad hoc</i> Steering Group on Microbial Measurements
MDG	Millennium Development Goal
mep	mise en pratique
METAS	Institut fédéral de métrologie/Federal Institute of Metrology (Suisse/Switzerland)
MIKES	Mittatekniikan Keskus/Centre for Metrology and Accreditation (Finlande/Finland)
MMC	Metrology Management Center, NMIJ (Japon/Japan)
MoU	Memorandum of Understanding
MRA	Mutual Recognition Arrangement
MW	Microwaves
NAA	Neutron Activation Analysis
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCSLI	NCSL (National Conference of Standards Laboratories) International
NEWRAD	Conference on New Developments and Applications in Optical Radiometry
NIM	National Institute of Metrology (Chine/China)
NIST	National Institute of Standards and Technology (États-Unis d'Amérique/United States of America)
NMI	National Metrology Institute

NMIJ	National Metrology Institute of Japan (Japon/Japan)
NMISA	National Metrology Institute of South Africa (Afrique du Sud/South Africa)
NMR	Nuclear magnetic resonance/Résonance magnétique nucléaire
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration/Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (États-Unis d'Amérique/United States of America)
NPL	National Physical Laboratory (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord/United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland)
NRC	National Research Council Canada (Canada)
OAWG	CCQM Working Group on Organic Analysis
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OIML	Organisation internationale de métrologie légale/International Organization of Legal Metrology
OLED	Organic Light-Emitting Diode
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMD	Objectif du Millénaire pour le développement
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONUUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
OTC	Obstacle technique au commerce
OTDR	Optical Time Domain Reflectometry
PCB	Polychloro-biphényle/Polychlorinated biphenyl
PCR	Polymerase chain reaction
PFS	Primary Frequency Standard
PHARAO	Projet d'horloge atomique par refroidissement d'atomes
PMOD/WRC	Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos and World Radiation Center/Centre mondial du rayonnement de l'Observatoire physico-météorologique de Davos (Suisse/Switzerland)
PR	Photometry and Radiometry
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Allemagne/Germany)
QKD	Quantum Key Distribution
QHR	Quantum Hall Resistance
qNMR	Quantitative nuclear magnetic resonance/Résonance magnétique nucléaire quantitative
RF	Radiofrequency

RMO	Regional Metrology Organization
RMOWG	CCAUV Working Group on RMO Coordination
RMOWG	CCRI RMO Working Group on Ionizing Radiation CMCs
RTA	Regional Trade Agreement
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SAWG	CCQM Working Group on Surface Analysis
SCOR	Scientific Committee on Oceanic Research/Comité scientifique des recherches océanographiques
SFS	Secondary Frequency Standard
SHG	Second harmonic generation/Génération de seconde harmonique
SI	Système international d'unités/International System of Units
SIM	Sistema Interamericano de Metrología
SIR	Système international de référence/International Reference System
SIRTI	SIR Transfer Instrument/Instrument de transfert du SIR
SMU	Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Institute of Metrology (Slovaquie/Slovakia)
SPS	Sanitary and Phytosanitary Measures/Mesures sanitaires et phytosanitaires
SPWG	CCQM / CCAUV Working Group on Strategic Planning
SSL	Solid-state lighting
sWG-CMC	CCL sub-group on CMCs and the CMC categories list
sWG-KC	CCL sub-group on Key Comparisons
TAI	Temps atomique international/International Atomic Time
TBT	Technical Barriers to Trade
TCCON	Total Carbon Column Observing Network
TEMPMEKO	International Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science
TG	Task Group
TG-Env	CCT Task Group for Environment
TG-GoTh	CCT Task Group for Guides on Thermometry
TG-K	CCT Task Group for the Realization of the kelvin
TG-L	CCL Task Group on KC Linking
TG-SI	CCT Task Group on the SI
TG-ThQ	CCT Task Group on Thermodynamic Quantities
TWSTFT	Comparaison de temps et de fréquence par aller et retour sur satellite/Two-way Satellite Time and Frequency Transfer

UAI	Union astronomique internationale
UIT	Union internationale des radiocommunications
UIT-R	Union internationale des radiocommunications, secteur Radiocommunications
UN	United Nations
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
USTR	United States Trade Representative/Bureau du Représentant américain au commerce
UTC	Temps universel coordonné/Coordinated Universal Time
UTCr	UTC rapide/rapid UTC
UV	Ultraviolet
VAMAS	Versailles Project on Advanced Materials and Standards
VIM	Vocabulaire international de métrologie – Concepts généraux et fondamentaux et termes associés/International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendéléev/D.I. Mendeleev Institute for Metrology (Fédération de Russie/Russian Federation)
VSL	Dutch Metrology Institute (Pays-Bas/the Netherlands)
WG	Working Group
WG-ALGO	CCTF Working Group on Time Scale Algorithms
WGATFT	CCTF Working Group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques
WG-CMC	CCPR / CCT Working Group on CMCs
WG-CTh	CCT Working Group on Contact Thermometry
WGDV	CCM Working Group on Density and Viscosity
WGD-kg	CCM Working Group on the Dissemination of the kilogram
WGF	CCM Working Group on Force
WGFF	CCM Working Group on Fluid Flow
WGFS	CCL-CCTF Frequency Standards Working Group
WGG	CCM Working Group on Gravimetry
WGGNSS	CCTF Working Group on GNSS Time Transfer
WGH	CCM Working Group on Hardness
WG-Hu	CCT Working Group on Humidity
WG-KC	CCPR / CCT Working Group on Key Comparisons

WGKG	CCEM Working Group on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram
WGLF	CCEM Working Group on Low-Frequency Quantities
WG-MRA	CCL Working Group on the CIPM MRA
WGMRA	CCTF Working Group on the CIPM MRA
WG-N	CCL Working Group on Dimensional Nanometrology
WG-NCTh	CCT Working Group on Non-Contact Thermometry
WGSPFS	CCTF Working Group on Primary and Secondary Frequency Standards
WGPV	CCM Working Group on Pressure and Vacuum
WGR-kg	CCM Working Group on the Realization of the Kilogram
WGRMO	CCEM Working Group for Regional Metrology Organization Coordination
WGS	CCM Working Group on Strategy
WG-S	CCL Working Group on Strategic Planning
WGSi	CCEM Working Group on Proposed Modifications to the SI
WGSP	CCEM / CCTF / CCPR / CCT Working Group on Strategic Planning
WGTAI	CCTF Working Group on International Atomic Time
WGTWTFT	CCTF Working Group on Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer
WHO	World Health Organization
WMO	World Meteorological Organization
WTO	World Trade Organization
WULG	Walferdange Underground Laboratory for Geodynamics/Laboratoire souterrain de géodynamique de Walferdange (Luxembourg)
XCT	X-ray Computed Tomography
XRCD	x-ray crystal density/Méthode de mesures de masse volumique de cristaux par rayons x

Inprimerie Centrale
15, rue du Commerce
L-1351 Luxembourg
ISBN 978-92-822-2261-4
ISSN 1016-5893
Achévé d'imprimer : octobre 2015
Imprimé au Luxembourg