

**Rapport du directeur sur l'activité et la gestion  
du Bureau international des poids et mesures**  
(1<sup>er</sup> juillet 2007 – 30 juin 2008)



**Bureau international des poids et mesures**

# **Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures**

(1<sup>er</sup> juillet 2007 – 30 juin 2008)

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir* page 167)

Afin de mieux faire connaître ses travaux, le Comité international des poids et mesures publie une version en anglais de ses rapports.

Le lecteur doit cependant noter que le rapport officiel est toujours celui qui est rédigé en français. C'est le texte français qui fait autorité si une référence est nécessaire ou s'il y a doute sur l'interprétation.

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

Imprimé par : Stedi, Paris  
ISSN 1606-3740  
ISBN 92-822-2228-4

## TABLE DES MATIÈRES

États Membres et Associés à la Conférence générale **12**

Le BIPM **13**

Liste du personnel du Bureau international des poids et mesures **17**

### **Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures (1<sup>er</sup> juillet 2007 – 30 juin 2008) 19**

- 1 Introduction **21**
  - 1.1 Introduction générale et résumé des activités de l'année **21**
  - 1.2 Le Système international d'unités (SI) **22**
  - 1.3 L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (MRA) et le JCRB **23**
  - 1.4 États Membres et Associés **24**
  - 1.5 Réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie **24**
  - 1.6 Réunion du CIPM **24**
  - 1.7 La Conférence générale des poids et mesures **25**
  - 1.8 Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) **27**
  - 1.9 Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) **27**
  - 1.10 Liaisons avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux **28**
  - 1.11 École d'été du BIPM sur la métrologie **29**
  - 1.12 Journée mondiale de la métrologie **29**
  - 1.13 Services de mesures et Système Qualité du BIPM **29**
  - 1.14 Santé et sécurité **30**
  - 1.15 Promotion du travail du BIPM **30**
  - 1.16 Commissions du personnel du BIPM **30**
  - 1.17 Travail scientifique du BIPM **31**
  - 1.18 Publications, conférences et voyages du directeur **40**
    - 1.18.1 Publications extérieures **40**
    - 1.18.2 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) **41**
  - 1.19 Activités du directeur en liaison avec des organisations extérieures **42**

- 2 Masse **42**
  - 2.1 Étalonnages **42**
    - 2.1.1 Certificats **42**
    - 2.1.2 Étude sur le nettoyage par ozone produit par une lampe à ultraviolet (UVOx) **43**
  - 2.2 Balances servant aux programmes de recherche en cours de développement **43**
  - 2.3 Balance de 100 g pour soutenir le programme d'étalonnages **45**
  - 2.4 Projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro **45**
  - 2.5 Artefacts de sorption de 1 kg en platine iridié **46**
  - 2.6 Boite à gants **47**
  - 2.7 Appareil de pesée hydrostatique **47**
  - 2.8 Pression **48**
  - 2.9 Balance de torsion pour la mesure de  $G$  **48**
  - 2.10 Publications, conférences et voyages : section Masse **49**
    - 2.10.1 Publications extérieures **49**
    - 2.10.2 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites, formation) **49**
  - 2.11 Activités liées au travail des Comités consultatifs **51**
  - 2.12 Visiteurs de la section Masse **51**
- 3 Temps, fréquences et gravimétrie **53**
  - 3.1 Temps atomique international (TAI) et Temps universel coordonné (UTC) **53**
  - 3.2 Algorithmes pour les échelles de temps **53**
    - 3.2.1 Stabilité de l'EAL **53**
    - 3.2.2 Exactitude du TAI **54**
    - 3.2.3 Échelles de temps atomique indépendantes **54**
  - 3.3 Étalons primaires de fréquence et représentations secondaires de la seconde **55**
  - 3.4 Liaisons horaires **55**
    - 3.4.1 Mesures utilisant le code du Global Positioning System (GPS) et du Global Navigation Satellite System (GLONASS) **56**
    - 3.4.2 Mesures de phase et de code des récepteurs géodésiques **56**
    - 3.4.3 Comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite **57**
    - 3.4.4 Incertitudes sur les liaisons horaires du TAI **58**
    - 3.4.5 Étalonnage des liaisons horaires du TAI **58**
  - 3.5 Comparaisons clés **58**

- 3.6 Pulsars **59**
  - 3.7 Références spatio-temporelles **59**
  - 3.8 Travaux sur le peigne **60**
  - 3.9 Comparaisons clés BIPM.L-K11 et CCL-K11 **60**
  - 3.10 Service d'étalonnage et de mesurage **61**
  - 3.11 Cuves à iode **61**
  - 3.12 Gravimètre FG5-108 **62**
  - 3.13 La 7<sup>e</sup> comparaison internationale de gravimètres absolus, ICAG-2005 **62**
  - 3.14 Étude préliminaire du projet de balance du watt du BIPM du point de vue de la gravimétrie **63**
  - 3.15 Publications, conférences et voyages : section du temps, des fréquences et de la gravimétrie **63**
    - 3.15.1 Publications extérieures **63**
    - 3.15.2 Publications du BIPM **65**
    - 3.15.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) **65**
  - 3.16 Activités en liaison avec des organisations extérieures **70**
  - 3.17 Activités liées au travail des Comités consultatifs **71**
  - 3.18 Visiteurs de la section du temps, des fréquences et de la gravimétrie **72**
  - 3.19 Chercheurs invités **72**
- 4 Électricité **73**
- 4.1 Potentiel électrique : effet Josephson **73**
  - 4.2 Résistance électrique et impédance **74**
    - 4.2.1 Mesures de résistance en courant continu et effet Hall quantique **74**
    - 4.2.2 Conservation d'un étalon de référence de capacité **75**
  - 4.3 Condensateur calculable **75**
  - 4.4 Comparaisons clés continues du BIPM d'étalons électriques **77**
  - 4.5 Étalonnages **78**
  - 4.6 Publications, conférences et voyages : section d'électricité **78**
    - 4.6.1 Publications extérieures **78**
    - 4.6.2 Rapports BIPM **79**
    - 4.6.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) **79**
  - 4.7 Activités en liaison avec des organisations extérieures **81**
  - 4.8 Activités liées au travail des Comités consultatifs **81**
  - 4.9 Visiteurs de la section d'électricité **81**

- 5 Rayonnements ionisants **82**
  - 5.1 Rayons x et  $\gamma$  **82**
    - 5.1.1 Étalons et équipements pour la dosimétrie **82**
    - 5.1.2 Comparaisons de dosimétrie **84**
    - 5.1.3 Étalonnage d'étalons nationaux pour la dosimétrie **85**
  - 5.2 Radionucléides **85**
    - 5.2.1 Système international de référence (SIR) pour la mesure d'activité de radionucléides émetteurs de rayonnement gamma **85**
    - 5.2.2 Spectrométrie gamma **87**
    - 5.2.3 Extension du SIR à des radionucléides à courte durée de vie **87**
    - 5.2.4 Extension du SIR aux émetteurs de rayonnement bêta pur **87**
    - 5.2.5 Améliorations au système de comptage du BIPM par la méthode du rapport des coïncidences doubles aux coïncidences triples (TDCR) **88**
    - 5.2.6 Mesures du  $^{55}\text{Fe}$  **89**
    - 5.2.7 Comparaisons de mesures d'activité du CCRI **89**
  - 5.3 Publications, conférences et voyages : section des rayonnements ionisants **89**
    - 5.3.1 Publications extérieures **89**
    - 5.3.2 Rapports BIPM **91**
    - 5.3.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) **91**
  - 5.4 Activités en liaison avec des organisations extérieures **93**
  - 5.5 Activités liées au travail des Comités consultatifs **94**
  - 5.6 Visiteurs de la section des rayonnements ionisants **94**
  - 5.7 Chercheurs invités et stagiaires **95**
- 6 Chimie **95**
  - 6.1 Programme sur la métrologie des gaz **95**
    - 6.1.1 Programme de comparaisons de photomètres mesureurs d'ozone **95**
    - 6.1.2 Équipement pour les étalons primaires de dioxyde d'azote **97**
    - 6.1.3 Équipement pour les comparaisons d'étalons de monoxyde d'azote **98**
  - 6.2 Programme d'analyse organique **99**
    - 6.2.1 Mise au point des méthodes **99**
    - 6.2.2 Coordination de l'étude pilote CCQM-P20 et mise au point de la comparaison clé CCQM-K55 **100**



- 6.3 Activités liées au JCTLM **102**
- 6.4 Activités liées au travail des Comités consultatifs **102**
- 6.5 Comparaisons du CCQM coordonnées par le BIPM **103**
- 6.6 Activités en liaison avec des organisations extérieures **103**
- 6.7 Publications, conférences et voyages : section de chimie **104**
  - 6.7.1 Publications extérieures **104**
  - 6.7.2 Rapport BIPM **104**
  - 6.7.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) **105**
- 6.8 Visiteurs de la section de chimie **107**
- 6.9 Chercheurs invités **107**
- 7 Balance du watt **108**
  - 7.1 Balance du watt **108**
  - 7.2 Publications, conférences, voyages **110**
    - 7.2.1 Publications extérieures **110**
    - 7.2.2 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) **110**
  - 7.3 Visiteurs **111**
  - 7.4 Chercheur invité **112**
- 8 La base de données du BIPM sur les comparaisons clés, KCDB **112**
  - 8.1 Contenu de la KCDB **112**
    - 8.1.1 Comparaisons clés et supplémentaires **112**
    - 8.1.2 Aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages – CMCs **114**
  - 8.2 Visites au site de la KCDB **116**
  - 8.3 Publicité et *KCDB Newsletters* **117**
  - 8.4 Publication **118**
  - 8.5 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) : KCDB **118**
  - 8.6 Activités en liaison avec des organisations extérieures **118**
  - 8.7 Activités liées au travail des Comités consultatifs **119**
  - 8.8 Visiteurs **119**
- 9 Le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM, JCRB **120**
  - 9.1 Secrétaire exécutif du JCRB **120**
  - 9.2 Définition du terme « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages » **120**
  - 9.3 Règles de procédures du JCRB **120**
  - 9.4 Suivi des modifications à apporter aux CMCs après que les résultats des comparaisons sont disponibles **121**

- 9.5 Évaluation des Systèmes Qualité des laboratoires nationaux de métrologie **121**
- 9.6 Documents en cours d'examen **122**
- 9.7 Réunion commune aux organisations régionales de métrologie et à la coordination régionale des organismes d'accréditation **122**
- 9.8 Atelier pour renforcer la participation au CIPM MRA **123**
- 9.9 JCDCMAS **124**
- 9.10 Publications, conférences et voyages : JCRB **125**
  - 9.10.1 Nouveaux documents du CIPM MRA **125**
  - 9.10.2 Révision des documents sur le CIPM MRA **125**
  - 9.10.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) **126**
- 9.11 Activités liées au travail des Comités **127**
- 9.12 Visiteurs **128**
- 10 Publications et informatique **129**
  - 10.1 Rapports du CIPM et de ses Comités consultatifs **129**
  - 10.2 *Metrologia* **129**
  - 10.3 Le site Web du BIPM **131**
  - 10.4 Informatique **132**
  - 10.5 Voyages (conférences et visites) : section publications et informatique **133**
- 11 Réunions et exposés au BIPM **134**
  - 11.1 Réunions **134**
  - 11.2 Séminaires externes **135**
  - 11.3 Exposés internes **136**
- 12 Certificats et Notes d'étude **136**
  - 12.1 Certificats **136**
  - 12.2 Notes d'étude **139**
- 13 Finance, administration et services généraux **140**
  - 13.1 Comptes **140**
    - 13.1.1 Compte I : fonds ordinaires **140**
    - 13.1.2 Compte II : caisse de retraite **145**
    - 13.1.3 Compte III : fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique **145**
    - 13.1.4 Compte IV : caisse des prêts sociaux **146**
    - 13.1.5 Compte V : réserve pour les bâtiments **146**
    - 13.1.6 Compte VI : *Metrologia* **147**

- 13.1.7 Compte VII : fonds de réserve pour l'assurance maladie **147**
- 13.1.8 Bilan au 31 décembre 2007 **148**
- 13.2 Personnel **150**
  - 13.2.1 Engagements **150**
  - 13.2.2 Promotions et changements de grade **150**
  - 13.2.3 Départs **151**
- 13.3 Bâtiments **151**
  - 13.3.1 Grand Pavillon **151**
  - 13.3.2 Observatoire **151**
  - 13.3.3 Bâtiment des rayonnements ionisants **151**
  - 13.3.4 Nouveau Pavillon **151**
  - 13.3.5 Pavillon du Mail **151**
  - 13.3.6 Tous les bâtiments **152**
  - 13.3.7 Extérieurs et parc **152**
- 13.4 Voyages : section finance, administration et services généraux **152**
- 14 Secrétariat **152**
- 15 Atelier de mécanique et entretien du site **153**

**Liste des sigles utilisés dans le présent volume 155**

**ÉTATS MEMBRES  
ET ASSOCIÉS À LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE**  
au 30 juin 2008

**États Membres**

Afrique du Sud	Irlande
Allemagne	Israël
Argentine	Italie
Australie	Japon
Autriche	Malaisie
Belgique	Mexique
Brésil	Norvège
Bulgarie	Nouvelle-Zélande
Cameroun	Pakistan
Canada	Pays-Bas
Chili	Pologne
Chine	Portugal
Corée (Rép. de)	Roumanie
Corée (Rép. pop. dém. de)	Royaume-Uni
Danemark	Russie (Féd. de)
Dominicaine (Rép.)	Serbie
Égypte	Singapour
Espagne	Slovaquie
États-Unis	Suède
Finlande	Suisse
France	Tchèque (Rép.)
Grèce	Thaïlande
Hongrie	Turquie
Inde	Uruguay
Indonésie	Venezuela (Rép. bolivarienne du)
Iran (Rép. islamique d')	

**Associés à la Conférence générale**

Albanie	Lettonie
Bélarus	Lituanie
Bolivie	Macédoine (Ex Rép. Yougoslave de)
CARICOM	Malte
Costa Rica	Moldavie (Rép. de)
Croatie	Panama
Cuba	Philippines
Équateur	Slovénie
Estonie	Sri Lanka
Géorgie	Taipei chinois
Hong Kong, Chine	Tunisie
Jamaïque	Ukraine
Kazakhstan	Viet Nam
Kenya	

## LE BIPM

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM) a été créé par la Convention du Mètre signée à Paris le 20 mai 1875 par dix-sept États, lors de la dernière séance de la Conférence diplomatique du Mètre. Cette Convention a été modifiée en 1921.

Le Bureau international a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m<sup>2</sup>) du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français ; son entretien est assuré à frais communs par les États Membres.

Le Bureau international a pour mission d'assurer l'unification mondiale des mesures ; il est donc chargé :

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles pour la mesure des principales grandeurs physiques et de conserver les prototypes internationaux ;
- d'effectuer la comparaison des étalons nationaux et internationaux ;
- d'assurer la coordination des techniques de mesure correspondantes ;
- d'effectuer et de coordonner les mesures des constantes physiques fondamentales qui interviennent dans les activités ci-dessus.

Le BIPM fonctionne sous la direction et la surveillance exclusives du Comité international des poids et mesures (CIPM), placé lui-même sous l'autorité de la Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à laquelle il présente son rapport sur les travaux accomplis par le BIPM.

La CGPM rassemble des délégués de tous les États Membres et se réunit actuellement tous les quatre ans dans le but :

- de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système international d'unités (SI), forme moderne du Système métrique ;
- de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et d'adopter les diverses résolutions scientifiques de portée internationale ;
- d'adopter toutes les décisions importantes concernant la dotation, l'organisation et le développement du BIPM.

Le CIPM comprend dix-huit membres de nationalité différente ; il se réunit actuellement tous les ans. Le bureau du Comité adresse aux Gouvernements

des États Membres un rapport annuel sur la situation administrative et financière du Bureau international. La principale mission du Comité international est d'assurer l'unification mondiale des unités de mesure, en agissant directement, ou en soumettant des propositions à la Conférence générale.

Limitées à l'origine aux mesures de longueur et de masse et aux études métrologiques en relation avec ces grandeurs, les activités du Bureau international ont été étendues aux étalons de mesure électriques (1927), photométriques et radiométriques (1937), des rayonnements ionisants (1960), aux échelles de temps (1988) et à la chimie (2000). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929 ; de nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la section des rayonnements ionisants, en 1984 pour le travail sur les lasers, en 1988 pour la bibliothèque et des bureaux, et en 2001 a été inauguré un bâtiment pour l'atelier, des bureaux et des salles de réunion.

Environ quarante-cinq physiciens et techniciens travaillent dans les laboratoires du BIPM. Ils y font principalement des comparaisons internationales des réalisations des unités, des vérifications d'étalons et des recherches métrologiques. Ces travaux font l'objet d'un rapport annuel détaillé qui est publié dans le *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures*.

Devant l'extension des tâches confiées au BIPM en 1927, le Comité international a institué, sous le nom de Comités consultatifs, des organes destinés à le renseigner sur les questions qu'il soumet, pour avis, à leur examen. Ces Comités consultatifs, qui peuvent créer des groupes de travail temporaires ou permanents pour l'étude de sujets particuliers, sont chargés de coordonner les travaux internationaux effectués dans leurs domaines respectifs et de proposer au Comité international des recommandations concernant les unités.

Les Comités consultatifs ont un règlement commun (*BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1963, **31**, 97). Ils tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers. Le président de chaque Comité consultatif est désigné par le Comité international ; il est généralement membre du Comité international. Les Comités consultatifs ont pour membres des laboratoires de métrologie et des instituts spécialisés, dont la liste est établie par le Comité international, qui envoient des délégués de leur choix. Ils

comprennent aussi des membres nominativement désignés par le Comité international, et un représentant du Bureau international (Critères pour être membre des Comités consultatifs, *BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1996, **64**, 6). Ces Comités sont actuellement au nombre de dix :

1. Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif d'électricité (CCE) créé en 1927.
2. Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), nouveau nom donné en 1971 au Comité consultatif de photométrie (CCP) créé en 1933 (de 1930 à 1933 le CCE s'est occupé des questions de photométrie).
3. Le Comité consultatif de thermométrie (CCT), créé en 1937.
4. Le Comité consultatif des longueurs (CCL), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition du mètre (CCDM) créé en 1952.
5. Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS) créé en 1956.
6. Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CCEMRI) créé en 1958 (en 1969, ce Comité consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons x et  $\gamma$ , particules chargées), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie  $\alpha$ ); cette dernière section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II).
7. Le Comité consultatif des unités (CCU), créé en 1964 (ce Comité consultatif a remplacé la « Commission du système d'unités » instituée par le Comité international en 1954).
8. Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980.
9. Le Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM), créé en 1993.
10. Le Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), créé en 1999.

Les travaux de la Conférence générale et du Comité international sont publiés dans les collections suivantes :

- *Comptes rendus des séances de la Conférence générale des poids et mesures* ;

- *Procès-verbaux des séances du Comité international des poids et mesures.*

Le Comité international a décidé en 2003 que les rapports des sessions des Comités consultatifs ne seraient plus imprimés, mais placés sur le site Web du BIPM, dans leur langue originale.

Le BIPM publie aussi des monographies sur des sujets métrologiques particuliers et, sous le titre *Le Système international d'unités (SI)*, une brochure remise à jour périodiquement qui rassemble toutes les décisions et recommandations concernant les unités.

La collection des *Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures* (22 tomes publiés de 1881 à 1966) a été arrêtée par décision du Comité international, de même que le *Recueil de travaux du Bureau international des poids et mesures* (11 volumes publiés de 1966 à 1988).

Les travaux du BIPM font l'objet de publications dans des journaux scientifiques ; une liste en est donnée chaque année dans le *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures*.

Depuis 1965 la revue internationale *Metrologia*, éditée sous les auspices du CIPM, publie des articles sur la métrologie scientifique, sur l'amélioration des méthodes de mesure, les travaux sur les étalons et sur les unités, ainsi que des rapports concernant les activités, les décisions et les recommandations du BIPM.



**LISTE DU PERSONNEL DU  
BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES**

au 30 juin 2008

**Directeur** : M. A.J. Wallard

**Masse** : M. R.S. Davis

Mme P. Barat, Mme H. Fang, Mme C. Goyon-Taillade, M. A. Kiss,  
M. A. Picard

**Temps, fréquences et gravimétrie** : Mme E.F. Arias

M. R. Felder, M. Z. Jiang, Mme H. Konaté, M. J. Labot,  
M. W. Lewandowski, Mme G. Panfilo, M. G. Petit, M. L. Robertsson,  
M. L. Tisserand, M. L.F. Vitushkin

**Électricité** : M. M. Stock

M. R. Chayramy, Mme E. de Mirandés, M. N. Fletcher, M. R. Goebel,  
M. A. Jaouen, M. S. Solve

**Rayonnements ionisants** : Mme P.J. Allisy-Roberts

M. D.T. Burns, M. S. Courte, Mme C. Kessler, Mme C. Michotte,  
M. M. Nonis, Mme S. Picard, M. G. Ratel, M. P. Roger

**Chimie** : M. R.I. Wielgosz

Mme A. Daireaux, M. E. Flores Jardines, M. R. Josephs, M. P. Moussay,  
Mme J. Viallon, M. S. Westwood

**Publications et informatique** : M. J. Williams

M. L. Le Mée, Mme J.R. Miles

**Base de données du BIPM sur les comparaisons clés** : Mme C. Thomas<sup>1</sup>

Mme S. Maniguet

**Système Qualité** : M. R. Köhler

**Secrétariat :** Mme F. Joly

Mme C. Fellag-Ariouet, Mme D. Le Coz<sup>1</sup>, Mme J. Varenne

**Finances, administration et services généraux :** Mme B. Perent

M. F. Ausset, M. R. Cèbe, Mme D. Etter, Mme M.-J. Martin,  
Mme D. Saillard<sup>1</sup>

*Gardiens :* M. et Mme Dominguez<sup>2</sup>, M. et Mme Neves<sup>2</sup>

*Femme de ménage :* Mme A. Da Ponte, Mme M.-J. Fernandes

*Jardiniers :* M. C. Dias-Nunes, M. A. Zongo

**Atelier de mécanique et entretien du site :** M. J. Sanjaime

*Atelier :* M. F. Boyer, M. M. de Carvalho, M. S. Segura, M. B. Vincent

*Entretien du site :* M. P. Benoit, M. P. Lemartrier

**Directeurs honoraires :** M. P. Giacomo, M. T.J. Quinn

---

1 Également aux publications.

2 Également à l'entretien du site.

**Rapport du directeur  
sur l'activité et la gestion  
du Bureau international  
des poids et mesures**

(1<sup>er</sup> juillet 2007 – 30 juin 2008)



## **1 INTRODUCTION**

### **1.1 Introduction générale et résumé des activités de l'année**

L'année où se tient la réunion de la Conférence générale des poids et mesures (CGPM), une grande partie du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM) est inévitablement consacrée à sa préparation. Le second semestre de 2007 n'y a pas fait exception et, depuis la réunion de la CGPM en novembre, nous nous sommes souciés de tirer les conséquences des décisions prises par la CGPM, en particulier de ses décisions budgétaires.

Comme nous le dirons ultérieurement, les conclusions générales, en termes financiers, de cette réunion ont été décevantes, au regard des besoins du BIPM pour réaliser sa mission, de ses succès scientifiques, de l'accroissement attesté de son action de coordination internationale et des nombreux États Membres qui souhaitaient offrir au BIPM un niveau de financement plus élevé pour un programme beaucoup plus vaste. Il sera donc plus difficile de mettre en œuvre la totalité du programme de travail proposé pour les années 2009 à 2012 et des priorités devront être établies pour s'adapter au niveau de financement provenant des États Membres et d'autres sources. Les activités scientifiques fondamentales du BIPM seront poursuivies, mais certains projets seront suspendus jusqu'à ce que des ressources permettent de les entreprendre et il sera mis fin à certaines activités en cours. Par conséquent, il ne sera peut-être pas possible de répondre à tous les besoins des laboratoires nationaux de métrologie, tels qu'exprimés par leurs représentants aux Comités consultatifs, comme, par exemple, l'acquisition de nouveaux équipements de référence internationaux, leur extension, et la gestion des comparaisons dans le cadre de l'Arrangement du CIPM (CIPM MRA). Cette situation me préoccupe, en ma qualité de directeur, parce que le BIPM pourrait ne pas être capable de faire face à tous les défis qui lui sont lancés pour répondre pleinement aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie et de la communauté internationale. En particulier, le BIPM a dû réduire ses efforts consacrés à étendre l'influence du Système international d'unités (SI) à de nouveaux domaines dans lesquels les concepts fondamentaux de traçabilité, d'incertitude, et le SI proprement dit, sont hautement nécessaires et qui apporteraient des bénéfices scientifiques, commerciaux et sociétaux substantiels. Ceci arrive à un moment où les besoins clairement exprimés par les communautés, dans des domaines tels que le changement climatique, l'alimentation, la médecine de

laboratoire et la médecine légale, deviennent évidents, comme le montrent les activités générales de coordination internationale que le BIPM a poursuivies. Il est donc décevant que le BIPM ne puisse être mis en mesure d'y répondre pleinement.

En ce qui concerne les interactions générales du BIPM, j'ai le plaisir de vous présenter l'étude réalisée par le Comité international des poids et mesures (CIPM) sur les besoins en matière de mesure et de traçabilité des matériaux. Celle-ci a conduit à la décision de demander au VAMAS d'identifier des thèmes prioritaires et d'établir une liaison entre le VAMAS et les Comités consultatifs appropriés. Dans cet esprit, un protocole d'accord a été signé entre le BIPM et le VAMAS. De même, des étapes ont été franchies pour la conclusion d'un accord avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM) définissant les conditions présidant à sa signature du CIPM MRA. Ces conditions sont nécessaires puisque l'OMM, au contraire d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux qui ont déjà signé le MRA, ne dispose pas de laboratoires en son nom propre.

## 1.2 Le Système international d'unités (SI)

Plusieurs communautés se sont réunies lors de la session du Comité consultatif des unités (CCU) de juin 2007 ; elles ont conclu qu'il était préférable de fonder la redéfinition du kilogramme sur une valeur fixée de la constante de Planck,  $h$ , plutôt que de celle de la constante d'Avogadro,  $N_A$ . Le CCU est en accord avec le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM) sur le fait que la définition de l'ampère devrait être fondée sur la valeur fixée de la charge élémentaire,  $e$ . Les thermométristes, représentés par le Comité consultatif de thermométrie (CCT), ont déclaré au CCU qu'ils étaient favorables à une redéfinition du kelvin fondée sur une valeur fixée de la constante de Boltzmann,  $k$ . Au cours des prochaines années, de nouvelles mesures de cette constante devraient permettre d'améliorer la valeur actuelle fournie par la CODATA.

Au moment de la rédaction de ce rapport, il n'y a toujours pas de convergence satisfaisante entre les résultats des expériences sur la balance du watt et du projet de coordination internationale Avogadro, qui puisse donner confiance dans le choix d'une valeur pour la constante de Planck. Les deux approches devraient donner de nouveaux résultats probablement d'ici l'année prochaine, et le CIPM sera alors en mesure d'examiner si le moment est venu de proposer une redéfinition à la CGPM.

### 1.3 L'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (MRA) et le JCRB

Le nombre total de signataires du CIPM MRA s'élève cette année à 74 laboratoires appartenant à 45 États Membres, à 27 Associés à la Conférence générale et à deux organisations internationales ; 120 laboratoires désignés y participent également. L'intérêt mondial pour démontrer l'équivalence entre les réalisations du SI s'accroît dans les secteurs de l'accréditation, des sociétés commerciales et auprès des autres utilisateurs. Le BIPM continue à promouvoir le concept de traçabilité au SI par le biais des réalisations des unités du SI maintenues dans les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés, afin d'accroître la contribution du CIPM MRA à la réduction des obstacles techniques au commerce.

Au moment de la rédaction de ce rapport, le nombre d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) s'élève à plus de 20 000.

La *KCDB Newsletter* continue à être utilisée afin de promouvoir le travail du BIPM et les succès du CIPM MRA pour aider à réduire les coûts, en ayant recours à des laboratoires nationaux de métrologie au niveau local, et à apporter des bénéfices scientifiques en accroissant la confiance dans les aptitudes de mesure.

Un événement majeur de cette année a été l'acceptation par le CIPM et par l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) d'une définition et d'une interprétation communes du terme « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) ». Ce terme remplacera graduellement celui de « meilleure aptitude de mesure (BMC) » utilisé depuis de nombreuses années par la communauté de l'accréditation. Le CIPM et l'ILAC espèrent que toute confusion pourra maintenant être évitée et que les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires accrédités pourront œuvrer ensemble à assurer une traçabilité robuste au SI des résultats de mesure des laboratoires accrédités, par le biais des réalisations du SI dans les laboratoires nationaux de métrologie.

Le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) continue à suivre la mise en œuvre du CIPM MRA. Je suis heureux de prendre acte de la création de l'organisation régionale de métrologie AFRIMETS, sur le continent africain, qui a motivé un certain nombre d'États à exprimer leur intérêt à devenir État Membre du BIPM ou Associé à la Conférence générale. Des initiatives similaires sont en projet dans la région du Golfe persique et le JCRB a rencontré des représentants de GULFMET.

#### **1.4 États Membres et Associés**

Le nombre d'États Membres du BIPM est toujours de 51. Mais il y a eu une augmentation du nombre des États et Entités économiques associés à la Conférence générale, maintenant au nombre de 27, avec l'adhésion depuis l'année passée de l'Albanie, de la Bolivie, de la Géorgie, du Sri Lanka et de la Tunisie. Le BIPM est en contact avec un certain nombre d'autres États qui ont déclaré leur intention de devenir Associés et avec certains Associés qui envisagent de devenir États Membres.

#### **1.5 Réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie**

Plus de 70 directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et des États et Entités économiques associés à la Conférence générale se sont réunis en novembre 2007 au BIPM pendant la réunion de la CGPM. Les principaux sujets de discussion étaient les suivants : présentation actualisée du travail du BIPM et de ses activités avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux ; l'École d'été du BIPM sur la métrologie de 2008 ; et la réunion prévue des laboratoires nationaux de métrologie et autres organismes qui ont, qui offrent, ou qui gèrent des programmes d'assistance financière et technique aux laboratoires nationaux de métrologie en voie de développement. Les directeurs ont aussi été informés de la situation relative à l'initiative prise par le CIPM concernant différents aspects de la métrologie des matériaux, dans le cadre des activités des Comités consultatifs. M. Tanaka a présenté le travail du NMIJ pour développer des « étalonnages à distance » en utilisant l'internet et des systèmes de communication satellitaires. Enfin, pendant la réunion des directeurs, le CIPM MRA a été signé par l'Ex-République yougoslave de Macédoine, la République de Moldavie, le Sri Lanka et la Tunisie.

#### **1.6 Réunion du CIPM**

La 96<sup>e</sup> session du CIPM s'est tenue juste avant la réunion de la Conférence générale en novembre 2007. M. Attilio Sacconi de l'INRiM a été élu à la suite de la démission de M. Sigfrido Leschiutta, qui y a fait une carrière remarquable comme membre du CIPM et président du Comité consultatif du temps et des fréquences.

Le CIPM a approuvé les recommandations du rapport Bennett sur la métrologie des matériaux. Par conséquent, les Comités consultatifs devront accorder plus d'attention à la traçabilité dans un certain nombre de domaines



dans lesquels le SI peut être appliqué aux mesures des propriétés des matériaux.

Comme cela a été dit précédemment, le CIPM a approuvé la définition proposée du terme CMC, accompagnée d'un certain nombre de notes qui étendent l'utilisation du terme à de nombreux domaines. La prochaine étape pour le BIPM et l'ILAC consistera à actualiser un certain nombre de documents de politique et à encourager à une plus grande synergie entre le CIPM MRA et l'Arrangement de l'ILAC.

Le CIPM a aussi décidé que le BIPM devrait lier de manière plus claire les déclarations d'incertitude associées à ses aptitudes en matière d'étalonnages aux CMCs des laboratoires nationaux de métrologie dont la liste figure dans la KCDB.

Le poste de directeur du BIPM sera vacant en octobre 2010, à l'occasion de mon départ à la retraite. Le CIPM a nommé M. Michael Kühne, actuellement sous-directeur et membre du Bureau de la présidence de la PTB (Allemagne), directeur désigné. M. Kühne devrait prendre ses fonctions au BIPM au début de 2009.

Après la clôture de la session du CIPM, trois membres ont présenté leur démission : M. M.S. Chung du KRISS (République de Corée), qui fut aussi président du CCL, M. Giorgio Moscati de l'INMETRO (Brésil), vice-président du CIPM et président du CCRI, ainsi que M. Hratch Semerjian du NIST (États-Unis). Je leur suis reconnaissant du soutien qu'ils ont apporté au travail du BIPM ainsi que de leurs conseils et directives.

En juin 2008, le CIPM a élu trois nouveaux membres : Mme Kwang Hwa Chung du KRISS (République de Corée), M. Willie E. May du NIST (États-Unis) et M. Hector Nava-Jaimes du CENAM (Mexique). Je souhaite la bienvenue à ces nouveaux membres.

## **1.7 La Conférence générale des poids et mesures**

La 23<sup>e</sup> réunion de la CGPM en novembre 2007 a, comme toujours, suscité des discussions stimulantes et pris des décisions sur des questions d'importance pour la métrologie mondiale et pour le BIPM. Des décisions majeures ont été prises sur les moyens d'encourager les États associés à devenir États Membres ; sur la nécessité d'une nouvelle politique pour évaluer la demande de certaines Entités économiques à devenir Associés à la Conférence générale ; sur une procédure concernant les États ayant des contributions arriérées ; et sur un programme limité de promotion que le

BIPM devrait entreprendre afin d'encourager les États en voie de développement et les États en transition à devenir État Membre ou Associé à la Conférence générale. Les Résolutions de la CGPM sont disponibles sur le site Web du BIPM.

Le CIPM a présenté des arguments forts à la CGPM pour que soit augmentée la dotation du BIPM pour les années 2009 à 2012, afin de compenser le sous-financement, dans le passé, des programmes de travail du BIPM et d'inclure un taux d'inflation réaliste pour le BIPM en qualité d'organisme scientifique. Un grand nombre d'États Membres étaient prêts à financer dans sa totalité le programme de travail proposé et à répondre favorablement à la demande du CIPM d'augmenter en 2009 la dotation de 2008 de 11 %, plus 4 % au titre de l'inflation pour chacune des quatre années 2009 à 2012. D'autres étaient toutefois opposés à une augmentation de ce niveau, et un accord a finalement été trouvé pour une augmentation de seulement 1,6 % de la dotation en 2009, plus 2 % chaque année au titre de l'inflation, sur la base de la dotation approuvée lors de la 22<sup>e</sup> réunion de la Conférence générale pour 2008, en excluant la contribution discrétionnaire supplémentaire approuvée par les États Membres en 2003. Du fait du souhait de certains États Membres qui voulaient allouer au BIPM un soutien, notamment financier, plus important, une contribution discrétionnaire supplémentaire égale en 2009 à 4 % de la dotation votée pour 2008, augmentée de 2 % pour l'inflation pour chacune des trois années suivantes, a été approuvée. Un certain nombre d'États Membres ont aussi proposé de verser des contributions volontaires supplémentaires, financières ou en nature, pour permettre la réalisation du programme de travail. Je suis reconnaissant à ceux qui ont offert une aide supplémentaire jusqu'ici et j'encourage les autres à suivre leur exemple, conformément à l'invitation qui leur a été faite par la Conférence générale dans sa Résolution 3.

Le programme de travail du BIPM proposé à la CGPM mentionne un projet de construction d'un accélérateur linéaire pour la dosimétrie des rayonnements au BIPM, dans le cadre du programme de travail pour les années 2013 à 2016. Celui-ci fournirait un équipement international à frais partagés, que le BIPM pourrait offrir comme référence au nombre croissant de laboratoires nationaux de métrologie qui doivent établir la traçabilité dosimétrique de leurs étalons pour la radiothérapie, ceux-ci étant de plus en plus utilisés pour l'étalonnage des accélérateurs cliniques. Les États Membres ont demandé au BIPM de proposer un certain nombre d'options à examiner lors de la prochaine réunion de la Conférence générale.

## 1.8 Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM)

Une des réalisations majeures de cette année a été la finalisation de la 3<sup>e</sup> édition du *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés* (le VIM). Dans cette édition, l'incertitude de mesure considérée auparavant sous l'approche « erreur » (parfois appelée « approche traditionnelle » ou « approche de la valeur vraie ») est maintenant considérée sous l'approche « incertitude », ce qui implique de réexaminer certains concepts liés figurant dans la 2<sup>e</sup> édition du VIM. Cette nouvelle édition a aussi offert la possibilité d'inclure davantage de termes utiles à la communauté des chimistes. Le « VIM3 » a été approuvé par le BIPM et placé sur son site Web pour en offrir l'accès, gratuitement, à la communauté des métrologistes ([www.bipm.org/fr/publications/guides](http://www.bipm.org/fr/publications/guides)), sous la référence JCGM 200:2008. Le Groupe de travail sur l'expression de l'incertitude de mesure (le GUM) a aussi finalisé son travail sur le premier Supplément au GUM traitant des méthodes de Monte Carlo. Ce Supplément a été approuvé par le BIPM et placé sur son site Web en accès libre ([www.bipm.org/en/publications/guides/](http://www.bipm.org/en/publications/guides/)), sous la référence JCGM 101:2008.

## 1.9 Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM)

La première liste de services de mesure de référence fournis par les laboratoires a été publiée sur le site Web du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) en juin 2007.

En décembre 2007, le Comité exécutif du JCTLM a approuvé le calendrier des prochaines séries de propositions de matériaux de référence de rang hiérarchique supérieur et de procédures de mesure de référence, ainsi que des propositions de services de mesure de référence de laboratoires.

Une des raisons de créer le JCTLM était la nécessité de disposer d'un moyen objectif de démontrer la conformité avec les exigences de la Directive de l'Union européenne sur les dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro*, qui demande de faire des mesures en référence à des « étalons de rang hiérarchique supérieur ». Le BIPM est en discussion avec la Commission européenne qui a identifié les normes devant servir à l'évaluation des matériaux de référence. La base de données du JCTLM contient des informations sur les matériaux conformes à ces normes ; ainsi, si un matériau de référence figure dans la liste, il est supposé conforme aux exigences de l'Union européenne.

Le travail du Comité aide à identifier les comparaisons à effectuer en priorité dans le cadre du CCQM et du JCTLM. Tout cela est de plus en plus perçu comme un modèle qui pourrait être utilisé dans les collaborations de plus en plus étroites que le BIPM développe avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux.

#### **1.10 Liaisons avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux**

Le BIPM continue à consacrer une part plus importante de ses ressources au travail de coordination et de liaison internationales. Comme cela a été dit lors de la réunion de la CGPM, le personnel du BIPM consacre maintenant environ 19 % de son temps à cette activité, contre 11 % il y a cinq ans. Dans certains cas, comme pour le groupe sur le temps chargé des liens horaires et des échelles de temps, le but est de s'assurer que les intérêts et les efforts des communautés concernées sont coordonnés et se renforcent mutuellement. Dans d'autres cas, comme en chimie, l'activité de liaison concerne les besoins scientifiques des communautés en matière de comparaisons, et pour l'acceptation et la mise en œuvre générale des concepts de traçabilité au SI et d'incertitude dans le travail quotidien. Comme les rapports des sections scientifiques le montreront, l'influence et la contribution du BIPM est de plus en plus appréciée, et sa représentation dans divers comités ainsi que son expertise technique sont requises dans un nombre croissant de domaines.

Le travail avec l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) rapproche le BIPM de l'OIML dans un certain nombre de domaines ; un portail commun sur la métrologie ([www.metrologyinfo.org](http://www.metrologyinfo.org)) a été lancé en 2007.

Au cours de l'année passée, la relation étroite continue avec l'ILAC a abouti à un certain nombre de décisions et développements importants. En particulier, après plusieurs années de discussions, le BIPM et l'ILAC ont approuvé une définition et une interprétation communes du terme « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages ». Ce terme remplacera celui de « meilleure aptitude de mesure », qui était d'usage courant dans la communauté de l'accréditation, ce qui contribuera à moins de confusions chez les utilisateurs. En conséquence, le BIPM travaille maintenant avec l'ILAC pour apporter plusieurs changements et révisions aux politiques liées à la traçabilité et à l'utilisation de la KCDB par les responsables de l'accréditation, afin de valider les déclarations d'incertitude et de traçabilité des laboratoires accrédités. Le BIPM essaie aussi de faire un meilleur usage

des ressources déployées pour l'examen des Systèmes Qualité des laboratoires nationaux de métrologie, que ce soit dans le cadre du CIPM MRA ou de la certification par un tiers.

### **1.11 École d'été du BIPM sur la métrologie**

Je suis très heureux de dire que la deuxième École d'été du BIPM sur la métrologie en juillet 2008 a été un grand succès. Quatre-vingt-dix étudiants originaires d'une trentaine de pays ont passé deux semaines au BIPM, pendant lesquelles 45 cours et ateliers ont été organisés. Les professeurs étaient issus en majorité des laboratoires nationaux de métrologie, mais il y avait aussi trois lauréats du prix Nobel ainsi que d'autres orateurs invités. Les réactions ont été excellentes. Les étudiants et les professeurs, dont certains ont passé plusieurs jours au BIPM, ont exprimé leur plus grande satisfaction. Bien que l'organisation d'une telle École d'été exige des moyens financiers et en personnel importants, je crois que c'est un service précieux offert aux laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et des Associés, et c'est une opportunité unique pour de jeunes métrologistes d'avoir un large aperçu de l'état des connaissances.

### **1.12 Journée mondiale de la métrologie**

Le thème de la Journée mondiale de la métrologie de 2008 était « Pas de sport sans mesures » – un thème inspiré des Jeux olympiques de Beijing. Le succès de cet événement et l'enthousiasme qu'il a suscité ont dépassé toutes les attentes du BIPM. Le BIPM travaille avec un nombre plus important de laboratoires nationaux de métrologie et avec d'autres partenaires ; le message du directeur du BIPM a été traduit dans 28 langues différentes et 84 posters en différentes langues ont été réalisés. J'ai eu connaissance de nombreux événements nationaux organisés autour de la Journée mondiale de la métrologie et j'espère que le BIPM pourra accroître son impact et le nombre de collaborateurs en 2009, lorsque le thème central sera l'impact de presque dix années de CIPM MRA.

### **1.13 Services de mesures et Système Qualité du BIPM**

Le BIPM continue à fournir un nombre limité de services de mesures pour les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et, pendant la période couverte par ce rapport, 66 certificats et 1 note d'étude ont été émis.

Les services externes du BIPM et un certain nombre de ses services internes répondent aux exigences du Système Qualité auto-déclaré conformément à la norme ISO/CEI 17025. L'intention du BIPM est de présenter son Système Qualité aux experts des organisations régionales de métrologie lors d'une réunion en 2009.

#### **1.14 Santé et sécurité**

Le Comité Santé et Sécurité, créé en 2007 et qui comprend des experts formés dans les domaines clés liés à la sécurité, se réunit régulièrement. De plus, le BIPM a demandé à ce que soit réalisé un audit externe des procédures de sécurité, dont la conclusion générale est que les procédures et pratiques de travail actuelles permettent d'identifier et de parer aux risques majeurs en matière de santé et de sécurité inhérents à un laboratoire de recherche scientifique. Les procédures du BIPM sont fondées sur un processus d'évaluation des risques et sur une formation approfondie des personnes responsables de leur mise à jour.

#### **1.15 Promotion du travail du BIPM**

En plus des annonces régulières sur le site Web très complet du BIPM et de la *KCDB Newsletter*, l'ancienne Brochure du BIPM a été révisée et publiée à temps pour la réunion de la Conférence générale.

Le personnel scientifique du BIPM continue à publier de nombreux articles dans des journaux soumis à un examen par des pairs, à présenter ses travaux dans des conférences scientifiques et dans des forums plus généraux. La liste complète des publications figure dans une autre partie de ce rapport. Inévitablement, les media font preuve d'un intérêt certain pour la redéfinition éventuelle des unités du SI, et en particulier du kilogramme.

#### **1.16 Commissions du personnel du BIPM**

En mai 2008, un nouveau Statut et Règlement du personnel est entré en vigueur après son approbation par le CIPM en février 2008. Le nouveau Statut, qui a fait l'objet d'une consultation approfondie et minutieuse par les commissions du personnel concernées, a été modernisé et un certain nombre de points ont été éclaircis. D'autres modifications pourront y être apportées le moment venu.

Ce nouveau Statut du personnel comprend de nouvelles règles concernant la représentation du personnel, fondées sur des recommandations qui m'ont été faites en 2007 par un groupe de travail interne au BIPM. La commission du statut, la commission des salaires et la commission de l'information et de la sécurité ont été fusionnées, et de nouvelles règles applicables aux réunions entre les commissions du personnel et la direction ont été adoptées. Ceci a eu pour conséquence d'améliorer l'efficacité avec laquelle les commissions jouent leur rôle consultatif auprès du directeur sur les conditions d'emploi.

Un point majeur des nouvelles conditions d'emploi concerne les dispositions relatives aux différends avec le personnel, conformément à l'amendement à l'Accord de siège qui sera ratifié sous peu par le Parlement français, qui prévoit la reconnaissance de la compétence d'une juridiction administrative internationale pour régler les différends avec le personnel. Le BIPM, comme de nombreuses autres organisations intergouvernementales, reconnaît la compétence du Tribunal administratif de l'Organisation internationale du travail (TAOIT).

En qualité de directeur, je suis très conscient de l'augmentation de la charge de travail pour tout le personnel, que ce soit en réponse aux demandes concernant notre travail de laboratoire pilote ou pour la gestion des comparaisons, la nécessité d'impliquer le BIPM dans des activités métrologiques internationales, ou la tenue et l'organisation de réunions toujours plus nombreuses au BIPM. Je suis fier de l'engagement et des succès de tous les membres du personnel du BIPM, et je veux les remercier tous chaleureusement pour leur engagement et leur loyauté.

### 1.17 Travail scientifique du BIPM

**Masses :** Une grande partie de notre travail peut être considérée comme un travail de préparation à une éventuelle redéfinition du kilogramme, qui pourrait avoir lieu dès 2011. Nous continuons à diriger le travail sur la métrologie des masses dans le cadre du projet de Coordination internationale Avogadro (IAC). Ce travail a été récemment complété par notre participation au projet iMERA-Plus de l'EURAMET. L'expérience acquise dans le projet Avogadro est directement utile à l'élaboration de la mise en pratique d'une nouvelle définition du kilogramme. Notre travail futur dans ce domaine s'effectuera en étroite collaboration avec les nouveaux sous-groupes de travail du Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse. Les deux sous-groupes ont tenu leur première réunion d'organisation en avril 2008. Les autres travaux notables de cette année sont la fourniture d'artefacts de

sorption aux laboratoires intéressés travaillant sur les balances du watt et l'IAC, et l'installation d'une boîte à gants qui fait partie d'un système de transfert des étalons de masse conservés en atmosphère inerte.

Nous continuons à effectuer des étalonnages de prototypes de 1 kg et d'autres étalons de masse. Cependant, les vérifications de routine de la qualité de ces mesures ont révélé des modifications inattendues de nos étalons de travail. La question des certificats a donc été suspendue jusqu'à ce que l'histoire récente de nos étalons de travail soit rétablie.

À la demande du NPL, nous avons comparé la méthode dite « de nettoyage-lavage des prototypes de 1 kg du BIPM » avec une méthode mise au point au NPL, utilisant de la lumière ultra-violette et de l'ozone. L'appareil de nettoyage du NPL a été transporté au BIPM pour cette étude. Les résultats sont encore en cours d'évaluation, mais ils devraient fournir des informations utiles aux sous-groupes de travail mentionnés ci-dessus.

Un échangeur de masse automatisé a été installé pour notre balance de portée 100 g ; il est en cours d'instrumentation. Quand cela sera terminé, le nouvel équipement augmentera notre efficacité pour effectuer des étalonnages internes dans le domaine compris entre 100 g et 5 g, pour notre section et les autres sections scientifiques.

Deux documents notables ont été publiés cette année : la formule CIPM-2007 pour la détermination de la masse volumique de l'air humide et le rapport de la comparaison supplémentaire avec le LNE pour valider nos étalonnages internes de pression.

Trois des cinq membres du personnel de la section ont consacré entre 60 % et 100 % de leur temps à l'expérience sur la balance du watt.

**Temps, fréquences et gravimétrie :** Les échelles internationales de temps TAI (le Temps atomique international) et UTC (le Temps universel coordonné) sont calculées chaque mois et les résultats sont publiés dans la *Circulaire T*, qui sert aussi à la mise à jour mensuelle des résultats de la comparaison clé CCTF-K001.UTC (auparavant dénommée CCTF-K2001.UTC). La stabilité du TAI, exprimée sous forme de l'écart-type d'Allan relatif, est estimée à environ  $0,4 \times 10^{-15}$  pour des durées moyennes de un mois. Pendant la période couverte par ce rapport, douze étalons primaires de fréquence ont contribué à l'amélioration de l'exactitude du TAI, dont huit fontaines à césium (IT CSF1, LNE-SYRTE FO1, LNE-SYRTE FO2, LNE-SYRTE FOM, NICT CSF1, NIST-F1, NMIJ F1 et NPL CSF1). Une correction totale de fréquence de  $-3,6 \times 10^{-15}$  a été appliquée pendant l'année à  $[f(\text{EAL}) - f(\text{TAI})]$ . Depuis juillet 2007, l'unité



d'échelle du TAI correspond, selon nos estimations, à la seconde du SI à environ  $1 \times 10^{-15}$  près.

Les études sur l'utilisation de mesures de phase et de code de récepteurs du GPS de type géodésique sont terminées ; les solutions fondées sur cette méthode (TAI PPP) sont calculées par la section depuis octobre 2007 afin de compléter l'analyse. En avril 2008, une expérience pilote avec 25 laboratoires participants a débuté afin d'étudier l'introduction de liaisons PPP dans le TAI. Différentes techniques et méthodes de comparaisons d'horloges sont comparées régulièrement de manière approfondie et les résultats sont publiés sur l'Internet.

Des programmes d'étalonnage de différents types de récepteurs du GPS ont été organisés et réalisés par la section. La mise en œuvre d'une méthode d'étalonnage d'équipements du GLONASS en collaboration avec un laboratoire national est terminée et des étalonnages de routine sont en préparation pour le second semestre de 2008.

La section a fourni son aide au Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence, au sein duquel certains membres du personnel exercent des responsabilités.

Un travail de recherche de la section est aussi dédié aux systèmes de référence spatio-temporels. La collaboration avec l'USNO (États-Unis) pour le « Conventions Product Centre » du Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) se poursuit. Un atelier sur les Conventions de l'IERS a eu lieu en septembre 2007 au BIPM.

Conformément au nouveau protocole élaboré par le personnel de la section, la comparaison clé de lasers asservis, renommée CCL-K11, a lieu au MIKES (Finlande), avec le BEV (Autriche) comme laboratoire pilote. Un membre du personnel a participé à la première étape de la comparaison pour apporter ses compétences. La section fournit aussi un service de mesure et d'étalonnages de lasers pour des utilisateurs internes et externes.

Un grand nombre de demandes de cuves à iode ont été satisfaites au cours de l'année correspondant à ce rapport. Beaucoup d'entre elles ont été spécialement conçues pour satisfaire à des demandes de géométrie particulière.

Le travail sur le gravimètre FG5-108, en collaboration avec le VNIIM (Fédération de Russie), progresse. En particulier, le système servant à fournir la lumière laser à l'interféromètre est en cours de mise au point et la chambre de chute a été réparée et testée.

Des membres de la section participent aux activités liées aux projets spéciaux au BIPM. Nous avons débuté des études préliminaires concernant l'équipement pour la gravimétrie et les effets de l'environnement sur la pesanteur pour la balance du watt. Le travail sur la construction de l'interféromètre pour les mesures de longueur dans le condensateur calculable a progressé pendant la période couverte par ce rapport.

Le personnel de la section reste très actif dans le travail de coordination internationale nécessaire pour accomplir les tâches qui nous sont confiées par les États Membres. Dans le cadre de cette activité, les physiciens de la section ont été largement invités à donner des conférences et à visiter des laboratoires nationaux. Un grand nombre d'articles ont été écrits pendant la période couverte par ce rapport ; 19 ont été publiés récemment, neuf autres sont sous presse.

Une attention particulière a été apportée à la formation des physiciens et des techniciens, dans le but d'élargir leurs compétences dans le travail dont ils sont responsables.

**Électricité :** Pendant la période couverte par ce rapport, la section d'électricité a effectué deux comparaisons de Josephson sur site, trois comparaisons d'étalons de transfert à diode de Zener, trois comparaisons d'étalons de transfert de résistance et deux comparaisons d'étalons de transfert de capacité. La comparaison de résistance avec le NIST nous permettra de lier les résultats de la comparaison SIM.EM-K1, qui compte six participants, à la comparaison clé du BIPM en continu BIPM.EM-K13.a. La comparaison d'étalons de capacité avec le NIST a été lancée par le BIPM afin de vérifier nos incertitudes de mesure après les récents changements de personnel et les modifications des systèmes de mesure.

La comparaison clé de réseaux de jonctions de Josephson classiques du BIPM et du LNE a été suivie d'une comparaison « scientifique » entre notre réseau supraconducteur-isolant normal-isolant-supraconducteur (SINIS) programmable de 10 V, offert par la PTB, et le réseau classique du LNE. On a constaté que les deux réseaux étaient en excellent accord, avec une incertitude exceptionnellement faible. C'est seulement la deuxième fois qu'un accord entre les mesures de tension réalisées avec des réseaux classiques et avec les nouveaux réseaux SINIS programmables a été démontré au niveau de 10 V.

Dans le domaine des mesures d'impédance, de nouvelles résistances de transfert alternatif/continu d'une stabilité améliorée ont été utilisées pour le travail avec le pont à quadrature. Elles permettent de réduire la principale

composante de l'incertitude dans la chaîne de traçabilité entre l'étalon de résistance à effet Hall quantique et l'étalon de capacité. Des techniques statistiques, élaborées récemment par la section afin de traiter les séries temporelles corrélées, ont été appliquées aux mesures effectuées avec nos ponts d'impédance et ont conduit à une meilleure compréhension de leurs incertitudes statistiques. Un bon accord a été obtenu entre les prédictions de ces techniques concernant l'influence d'un filtre passe-bas et l'expérience. Ces études permettent des déterminations fiables des incertitudes de type A des mesures de notre pont en présence de corrélations temporelles.

Les préparations pour le démarrage des mesures avec le condensateur calculable sont maintenant terminées et nous attendons que l'instrument arrive. Le travail a débuté sur la fabrication d'un étalon de tension de Josephson pour l'expérience sur la balance du watt, fondé sur un réseau supraconducteur-normal-supraconducteur (SNS) offert par le NIST.

Pendant l'année 2007, la section Électricité a émis 49 certificats d'étalonnage et trois notes d'étude pour quinze laboratoires nationaux de métrologie des États Membres. Des étalonnages de tension (à 1,018 V et à 10 V), de résistance (de 1  $\Omega$ , 100  $\Omega$  et 10 k $\Omega$ ), et de capacité (1 pF, 10 pF et 100 pF) sont offerts, principalement pour les plus petits laboratoires nationaux de métrologie qui ne possèdent pas encore leurs propres étalons primaires.

*Condensateur calculable* : En collaboration avec le NMIA (Australie), le BIPM construit deux condensateurs calculables d'une conception améliorée pour mesurer la constante de von Klitzing avec une incertitude relative de l'ordre de  $1 \times 10^{-8}$ , afin de contribuer au prochain ajustement des constantes fondamentales de CODATA.

En septembre 2007, nous avons reçu deux lasers Nd:YVO<sub>4</sub> à fréquence doublée nécessaires pour mesurer, par interférométrie, l'espace entre les électrodes dans les deux instruments. Les caractéristiques des faisceaux laser ont été étudiées avec un capteur de front d'onde afin de déterminer le système optique nécessaire pour coupler le faisceau laser à une fibre délivrant la lumière à l'interféromètre. Un banc d'essai pour l'étude des propriétés de l'interféromètre a été installé et les premières mesures des franges d'interférences ont été réalisées. Les systèmes de mesure électriques, qui relieront la résistance de Hall quantifiée à la capacité calculable ont été améliorés afin de réduire l'incertitude relative, qui devrait constituer la composante dominante de l'incertitude dans cette expérience. L'atelier du BIPM continue à fabriquer un grand nombre de composants.

*Balance du watt* : Pendant la période couverte par ce rapport, la situation relative au personnel s'est améliorée avec l'arrivée d'un assistant, qui travaille quasiment à plein temps sur le projet, d'un chercheur associé engagé sur un contrat de deux ans et d'une personne en détachement du NMIJ qui a travaillé au BIPM pendant sept mois. Nous continuons le travail sur l'expérience à la température ambiante, qui sera suivi dans une étape ultérieure par une expérience à la température cryogénique, afin de tester la faisabilité des mesures simultanées de force et de vitesse.

L'objectif principal en 2007 était d'effectuer les premières mesures du rapport tension-vitesse, ce qui a été réalisé avec un écart-type relatif de l'ordre de  $1 \times 10^{-4}$ . La suspension de la bobine a été améliorée afin de réduire à cinq degrés de liberté le mouvement non désiré de la bobine, résultant d'un mouvement vertical imparfait. Un travail ultérieur sur la source de courant nous a permis de réduire sa dérive à long terme à environ  $1 \times 10^{-9}$  par minute en valeur relative, et d'obtenir une stabilité à long terme satisfaisante. Une technique nécessaire pour isoler la tension induite dans la bobine à la suite de la chute de tension due au flux de courant, fondée sur l'utilisation d'une deuxième bobine, non inductive, a été testée et est en cours d'intégration dans l'appareil.

Le travail a débuté sur la détermination des caractéristiques géométriques et magnétiques d'un solénoïde de grande précision qui deviendra la référence pour l'alignement du champ magnétique.

La collaboration avec l'université technique d'Aix-la-Chapelle (Allemagne) pour la fabrication de l'aimant se poursuit. En 2008, les schémas mécaniques détaillés pour la fabrication du circuit magnétique et des dispositifs d'assemblage seront fournis. Des préparatifs ont été faits pour l'installation d'une base antivibrations dans le futur laboratoire pour la balance du watt.

**Rayonnements ionisants** : La nouvelle valeur du kerma dans l'air dans les champs de rayonnement gamma pour le  $^{60}\text{Co}$  pour la radiothérapie a été approuvée le 1<sup>er</sup> novembre 2007, après publication dans *Metrologia* de la nouvelle évaluation de la valeur de l'étalon du BIPM. Celle-ci est en accord avec la recommandation du CCRI. En parallèle, la source de  $^{60}\text{Co}$  d'activité plus élevée (CIS-Bio) a été adoptée comme champ de référence. Une nouvelle série d'étalons primaires à cavité en graphite du BIPM est en construction et les premières chambres sont en accord avec la chambre à volume variable au niveau de  $2 \times 10^{-4}$  en valeur relative.

Les résultats d'une étude sur les effets de basse pression (60 kPa) sur les étalons à cavité en graphite, qui a été réalisée en liaison avec certains

étalonnages pour l'ININ (Mexique), ont des implications sur les étalons à paroi en graphite au niveau de plusieurs  $10^{-3}$ , et un travail complémentaire est prévu.

Les résultats d'une étude majeure sur les effets d'ouverture (transmission, dispersion et fluorescence) ont été présentés au groupe de travail sur les comparaisons clés de la Section I du CCRI, et ils ont été préparés pour publication avant de proposer au CCRI en 2009 un changement pouvant atteindre  $7 \times 10^{-3}$  en valeur relative à l'étalon de kerma dans l'air aux moyennes énergies.

Le calorimètre prototype en graphite pour la dose absorbée dans l'eau est maintenant construit et les premiers essais montrent que ce calorimètre de conception nouvelle fonctionne bien en pratique en ce qui concerne la dose absorbée dans le graphite. Le Groupe de travail du CCRI sur la dosimétrie des accélérateurs a recommandé récemment d'utiliser le calorimètre du BIPM dans une série de comparaisons bilatérales avec les huit laboratoires nationaux de métrologie qui ont des accélérateurs. Le calorimètre sera testé dans une comparaison d'essai au LNE-LNHB (France) plus tard cette année avant le lancement de la série de comparaisons en continu.

La chambre étalon primaire à parois d'air pour la dosimétrie en mammographie ne semble pas aussi stable que l'étalon actuel à parois d'air aux basses énergies et fait l'objet d'une étude. L'équipement pour les comparaisons en mammographie sera alors complet.

Trois nouvelles comparaisons de dosimétrie ont été faites et les rapports de trois autres comparaisons ont été publiés. Nous avons récemment réussi à obtenir un chercheur invité, de l'ININ (Mexique), pour le projet sur les comparaisons de curiethérapie du CCRI, donc nous devrions maintenant faire des progrès. Vingt-huit étalons secondaires nationaux ont été étalonnés et le Système Qualité pour les étalonnages a subi avec succès son audit interne. L'aide apportée à l'AIEA se poursuit : nous continuons à irradier régulièrement leurs dosimètres pour le service de mesure fourni conjointement par l'AIEA et l'OMS.

L'année dernière, cinq laboratoires seulement ont envoyé un total de onze ampoules pour huit des comparaisons de mesure d'activité en continu du BIPM dans le Système international de référence (SIR). Le fait est que les laboratoires nationaux de métrologie ont davantage de difficultés à se conformer aux réglementations sur le transport et qu'ils peuvent maintenant se fier davantage aux critères de groupement des méthodes de mesure des radionucléides pour étayer leurs CMCs. Cependant, 24 résultats d'anciennes

comparaisons seront supprimés de la KCDB cette année, et il pourrait y avoir une recrudescence de demandes l'année prochaine. Les niveaux d'activité des impuretés ont été mesurés au moyen du spectromètre gamma Ge(Li) du BIPM pour quatre radionucléides soumis à des comparaisons et un chercheur associé albanais étalonne actuellement le spectromètre HpGe de remplacement. Le BIPM est reconnaissant au NPL (Royaume-Uni) pour le don généreux de plus de 5000 ampoules de verre qui permettront d'assurer la continuité du SIR. L'audit interne du SIR s'est déroulé avec succès et le nouveau système de mesure du SIR a été adopté ; la vérification finale devrait avoir lieu fin 2008.

Les études sur les mesures du  $^{85}\text{Kr}$  dans le SIR se poursuivent et l'instrument de transfert du SIR a été vérifié pour le radionucléide  $^{99}\text{Tc}^m$  à courte durée de vie au NPL, avant d'effectuer des comparaisons dans des laboratoires nationaux de métrologie plus éloignés. Nous avons consacré beaucoup d'efforts à l'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement bêta pur et le système devrait être en place avant la fin du programme actuel. Le BIPM pilote actuellement deux comparaisons clés du CCRI et il finalise les rapports d'anciennes comparaisons de mesures d'activité de radionucléides.

**Chimie :** La section de chimie consolide son programme de métrologie des gaz, pour étayer la comparabilité internationale des étalons de gaz pour le suivi de la qualité de l'air et des gaz à effet de serre, et de comparaisons de calibrateurs primaires pour les substances organiques, en appui à des applications dans les domaines clinique, de l'analyse en nutrition et en médecine légale. La section effectue ou a terminé six comparaisons internationales pour soutenir ces domaines pendant la période couverte par ce rapport. La section de chimie du BIPM soutient activement le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM), en participant à ses réunions annuelles et aux réunions semestrielles de ses groupes de travail.

Le premier cycle de deux ans de la comparaison en continu BIPM.QM-K1 – ozone au niveau ambiant – a été lancé en janvier 2007, et depuis juillet 2007, huit laboratoires ont apporté leurs étalons de mesure d'ozone au BIPM, et deux autres ont participé à des comparaisons des organisations régionales de métrologie qui y sont liées. Deux étalons de référence nationaux de mesure d'ozone ont été équipés de kits de mise à niveau afin de corriger des biais systématiques identifiés par le BIPM et par le NIST.

Le programme de mise au point d'un éventuel photomètre primaire mesureur d'ozone fondé sur une source laser se poursuit, et l'on tente de réduire le niveau de bruit du système. Le cristal doubleur de fréquence inclus dans la tête du laser à argon a été remplacé par un autre à la longueur d'onde plus

courte de 244 nm, et les fractions molaires d'ozone mesurées se situent à 5 % près des valeurs obtenues au moyen du photomètre de référence étalon fondé sur une lampe à mercure.

La troisième étude de validation de l'équipement pour le dioxyde d'azote, servant à étayer l'étude pilote coordonnée par le BIPM (CCQM-P110 – dioxyde d'azote à 10  $\mu\text{mol/mol}$ ) est terminée. Elle a consisté en la comparaison de cinq étalons primaires de dioxyde d'azote obtenus par mélange dynamique de gaz produits avec l'équipement pour le dioxyde d'azote, et des mesures en ligne avec l'équipement de spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier (FTIR), qui a été amélioré.

Le rapport final de l'étude pilote CCQM-P73 coordonnée par le BIPM, sur les étalons de monoxyde d'azote, qui s'est déroulée entre août 2006 et octobre 2007, a été publié dans la série des *Metrologia Technical Supplements*.

Le programme d'analyse organique de la section de chimie coordonne les comparaisons du CCQM de vérification de la pureté des composés organiques, à utiliser comme calibrateurs primaires. Les aptitudes d'analyse du programme ont été améliorées en 2007-2008 par l'acquisition d'une source de photo-ionisation à utiliser avec le système actuel QTrap de chromatographie liquide avec spectroscopie de masse (LC-MS/MS), d'un système Agilent autonome à résolution rapide de chromatographie liquide par ultraviolet, et avec une balance de sorption de vapeur dynamique.

La mise au point et la validation de méthodes analytiques nécessaires pour la détermination des caractéristiques et pour la production du glycoside cardiaque utilisé pour l'étude pilote CCQM-P20.f sont terminés, et les activités de validation ont été élargies afin d'incorporer la future comparaison clé CCQM-K55.a sur les hormones stéroïdes pures.

Au second semestre de 2007, les études sur l'homogénéité et la stabilité des matériaux de digoxine candidats pour l'étude pilote CCQM-P20.f, la deuxième comparaison du CCQM coordonnée par le BIPM, ont été terminées, et le matériau a été distribué aux laboratoires nationaux de métrologie. Un niveau significatif de solvant organique résiduel était aussi présent dans le matériau, mais il n'a été détecté que par un petit nombre de laboratoires. Le projet B de rapport est actuellement en préparation.

La première série de mesures de la comparaison clé d'analyse de pureté organique, CCQM-K55.a, sera coordonnée par le BIPM. Le stéroïde 17 $\beta$ -estradiol sera le composant principal du matériau d'étude. Celui-ci a été préparé et fourni au BIPM par nos collègues de la division de chimie

organique analytique du NMIJ (Japon) et ses caractéristiques sont en cours de détermination au BIPM.

Dans le cadre de la préparation de futures comparaisons clés, le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique a identifié l'évaluation de la pureté comme une aptitude technique fondamentale. Le groupe de travail a recommandé que la participation à la comparaison clé CCQM-K55 soit obligatoire pour tous les laboratoires nationaux de métrologie qui ont des activités ou déclarent des CMCs dans le domaine de l'analyse organique.

Dans le cadre des activités de soutien au JCTLM, un symposium intitulé « Activities and Challenges for Traceability and Standardization in Laboratory Medicine » a été organisé à Beijing en octobre 2007, en collaboration avec des collègues du NIM et du NIST. Les procédures pour le fonctionnement du secrétariat du JCTLM ont été présentées à la 6<sup>e</sup> réunion du Comité exécutif du JCTLM pour approbation. Le site Web de la base de données du JCTLM, que l'on peut consulter à l'adresse <http://www.bipm.org/jctlm/>, a été modifié pour ajouter les services de mesure de référence de laboratoire aux catégories de recherche. Le nombre total de connexions externes au site Web de la base de données du JCTLM a augmenté entre juillet 2007 et mai 2008. Il représente environ 1300 connexions mensuelles en mai 2008.

Un atelier intitulé « Method Performance and Measurement Uncertainty » a été organisé par la section de chimie du BIPM en collaboration avec d'autres organisations internationales pour les délégués des gouvernements membres du Comité sur les méthodes d'analyse et d'échantillonnage de la Commission du Codex Alimentarius en avril 2008.

## **1.18 Publications, conférences et voyages du directeur**

### **1.18.1 Publications extérieures**

1. Wallard A.J., News from the BIPM – 2007, *Metrologia*, 2008, **45**, 119-126.
2. Wallard A.J., Letters to the editor: Traceability to the SI, *Measure*, 2008, **3**(2), 4-5.



### 1.18.2 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites)

A.J. Wallard s'est rendu à :

- Londres (Royaume-Uni), le 18 juillet 2007, pour une réunion du « Measurement Board of the Department of Innovation, Universities, and Skills » ;
- Minneapolis, Saint-Paul (États-Unis), du 28 juillet au 7 août 2007, pour la National Conference of Standards Laboratories International (NCSLI) et pour une réunion du bureau de NCSLI ;
- Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie), du 19 au 21 août 2007, pour une réunion sur la gravimétrie ;
- Ottawa (Canada), du 23 au 30 septembre 2007, pour l'assemblée générale du SIM, pour le conseil de l'IENM, et pour le JCRB ;
- Turin (Italie), le 18 octobre 2007, pour une présentation au séminaire à la mémoire d'Anthos Bray ;
- San Juan (Porto Rico), du 4 au 11 janvier 2008, pour une réunion du bureau de NCSLI et des présentations dans des réunions locales ;
- Bled (Slovénie), du 11 au 13 février 2008, pour assister à une réunion de l'EURAMET ;
- Turin (Italie), le 10 avril 2008, pour une réunion du conseil scientifique de l'INRiM ;
- Coventry (Royaume-Uni), les 22 et 23 avril 2008, pour une réunion du « Measurement Board of the Department of Innovation, Universities, and Skills » ;
- Wellington (Nouvelle-Zélande), du 26 avril au 4 mai 2008, pour une réunion du JCRB et pour des présentations dans des réunions locales ;
- Teddington (Royaume-Uni), du 19 au 22 mai 2008, pour l'ouverture des nouveaux laboratoires du NPL et pour une réunion du « Pathfinder Programme Management Group of the Department of Innovation, Universities, and Skills » ;
- Marseille (France), les 3 et 4 juin 2008, pour l'assemblée générale de l'EURAMET ;
- Boulder Co (États-Unis), du 7 au 13 juin 2008, pour une réunion du bureau du CIPM et pour la CPEM 2008.

### **1.19 Activités du directeur en liaison avec des organisations extérieures**

Le directeur est membre du conseil scientifique de l'INRiM, Turin ; il est membre de l'Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols de l'Union internationale de chimie pure et appliquée ; il est membre de la Commission C2 « Symbols, units, nomenclature, atomic masses and fundamental constants » (SUNAMCO) de l'Union internationale de physique pure et appliquée. Il est professeur associé de l'Institute of Mathematics and Physical Sciences de l'université du Pays de Galles à Aberystwyth. Il est membre du bureau de la National Conference of Standards Laboratories International (NCSLI) ; membre de l'Académie scientifique de Turin ; membre de l'UK's Pathfinder Programme Working Group et du National Measurement System Board of the Department for Universities, Innovation and Skills ; membre du conseil de l'Institut des étalons nationaux de mesure du NRC (Canada), et président du JCRB et du JCGM.

## **2 MASSE (R.S. DAVIS)**

### **2.1 Étalonnages**

#### **2.1.1 Certificats (P. Barat et R.S. Davis)**

Pendant l'année passée, nous avons émis des certificats pour les prototypes de 1 kg en platine iridié suivants : n° 83 (Singapour) et n° 16 (Hongrie). Les étalonnages des prototypes pour l'Allemagne et le Brésil sont en cours.

Des certificats pour trois étalons de 1 kg en acier inoxydable ont été émis pour le KIM-LIPI (Indonésie). Des étalonnages pour des étalons de 1 kg en acier inoxydable ont aussi été effectués : quatre pour le NMi (Pays-Bas) ; un pour Enterprise Ireland ; un pour le LATU (Uruguay) ; un pour A\*Star (Singapour) et un pour le NPSL (Pakistan). Malheureusement, au cours de ces étalonnages, nous avons découvert un changement important de la masse de nos étalons de travail. Un réétalonnage approfondi a été effectué, traçable à nos prototypes n<sup>os</sup> 25 et 73 réservés à un usage spécial. Ceci a entraîné un retard de plusieurs mois.

L'étalonnage d'un étalon de 1 kg en acier inoxydable appartenant à l'INMETRO (Brésil) est en cours.

Deux étalons de 1 kg en acier inoxydable, qui seront utilisés pour une prochaine comparaison clé, ont été envoyés au NIST (États-Unis), où leur différence de masse a été mesurée. Les étalons sont en transit vers le BIPM. Le but de cette expérience est d'établir si la différence de masse reste constante pendant le transport. Si tel est le cas, il sera proposé d'envoyer les étalons plutôt que de les transporter à la main entre les laboratoires participants. Cette étude a été entreprise en raison des inspections de sécurité, un peu difficiles, des étalons en transit dans de nombreux aéroports internationaux.

Des étalonnages de susceptibilité magnétique de deux blocs en métal utilisés avec le susceptomètre magnétique de type BIPM ont été effectués pour le KIM-LIPI. Un susceptomètre du BIPM a aussi été fourni à ce laboratoire national de métrologie.

#### 2.1.2 Étude sur le nettoyage par ozone produit par une lampe à ultraviolet (UVOx) (P. Barat, J. Berry\* et R.S. Davis)

Une technique de nettoyage des prototypes en platine iridié par ozone produit par une lampe à ultraviolet (UVOx) a été mise au point par le NPL. L'appareil a été transféré temporairement au BIPM, ainsi qu'un certain nombre de prototypes en platine iridié et autres étalons en platine iridié. Le but de ce travail est de comparer l'efficacité de la méthode traditionnelle du BIPM de nettoyage-lavage des prototypes et de la méthode de nettoyage UVOx. Ce travail fera partie des contributions du NPL et du BIPM aux travaux du sous-groupe de travail 1 du groupe de travail du CCM sur les étalons de masse et il fera l'objet d'un rapport quand les résultats auront été analysés.

#### 2.2 Balances servant aux programmes de recherche en cours de développement (P. Barat, H. Fang et A. Picard)

L'an passé, nous avons mentionné que la nouvelle balance Sartorius CCL1007 était soumise à des essais, mais que certains résultats étaient assortis d'incertitudes élevées. Cette année, le but est de réduire les incertitudes des mesures de certaines erreurs de position ainsi que de

---

\* NPL (Royaume-Uni).

confirmer la linéarité de l'échelle. Ce travail est en préparation pour les mesures de masse de deux sphères en  $^{28}\text{Si}$ , prévues pour le second semestre de cette année. Malheureusement, une grande partie de cette année a été consacrée à améliorer la fiabilité de la balance. Plusieurs interventions techniques de Sartorius ont été programmées afin de régler divers problèmes de fonctionnement. La cellule de pesée, l'élévateur et l'électronique ont été changés cette année. Ces changements successifs ont ralenti les progrès de notre travail de préparation pour l'IAC, car certaines études effectuées précédemment ont dû être refaites après les interventions techniques. En particulier, les études sur la linéarité de l'échelle ont été faites trois fois et les erreurs de position ont été étudiées deux fois. Jusqu'à présent, seules les erreurs dues à la position du carousel ont été ré-estimées sous vide et elles se situent dans les limites de  $0,5 \mu\text{g}$  pour les huit positions du carousel, avec une incertitude associée d'environ  $0,1 \mu\text{g}$ . La ré-estimation de l'erreur de position dans l'air est en cours. La linéarité avec l'électronique précédente a été étudiée, mais elle doit être confirmée avec la nouvelle électronique. Toutefois, pendant ce temps, nous avons pu réduire les gradients thermiques horizontaux et verticaux dans l'enceinte de la balance. Un couvercle épais, en plexiglass, a été placé au-dessus de l'enceinte de la balance, et la fenêtre de la cabine en face de la balance a été couverte par une feuille d'isolant thermique. Si la lumière est allumée en permanence dans la cabine, les gradients thermiques horizontaux et verticaux sont tous deux dans des limites de  $10 \text{ mK}$ . Après ces modifications, l'ampleur des gradients thermiques horizontaux et verticaux a été réduite d'un facteur 3 et 6, respectivement. De plus, le gradient thermique vertical est maintenant positif, ce qui est très important pour la stabilité de la balance dans l'air, afin de minimiser les effets de convection.

Depuis que la salle 105 a été complètement rénovée à la fin de 2006, afin d'héberger le nouveau comparateur de masse Sartorius CCL 1007, nous avons observé de nouvelles différences dans la détermination de la masse volumique de l'air. Nous avons pu suivre la différence de la masse volumique de l'air en la mesurant, d'une part, au moyen d'artefacts pour la mesure de la masse volumique de l'air (méthode gravimétrique) et en utilisant, d'autre part, la formule CIPM 2007. En mars 2007, la différence relative était de  $2,5 \times 10^{-4}$ . Nous supposons que cela était lié à la présence d'un contaminant dans l'air. Toutefois, une analyse par le NPL des composés organiques volatils dans la salle a été effectuée, mais aucun contaminant en quantité critique n'a été détecté et aucune explication évidente n'a été proposée. La différence de masse volumique de l'air déterminée entre les

deux méthodes diminue avec le temps et elle est à présent égale à la moitié de celle observée en mars 2007. Après avoir vidé l'enceinte de son air, la mesure de la différence a été effectuée en injectant de l'air frais de l'extérieur de la cabine. La différence de masse volumique de l'air obtenue entre les deux méthodes était de  $3,1(7) \times 10^{-5}$  en valeur relative. La masse volumique de l'air dans le laboratoire reste préoccupante.

L'an passé, nous avons mentionné qu'un logiciel spécifique a été écrit afin de calculer les résultats de pesées. Nous avons amélioré ce logiciel cette année en incorporant un meilleur calcul de l'incertitude et en simplifiant les calculs de routine.

### **2.3 Balance de 100 g pour soutenir le programme d'étalonnages** (R.S. Davis et C. Goyon-Taillade)

L'objectif de cette balance est de raccourcir le temps nécessaire pour effectuer les étalonnages des étalons de masse entre 100 g et 5 g, et améliorer leur exactitude, comblant ainsi l'écart entre notre comparateur de masse de 1 kg et notre ultra-microbalance de 5 g. En novembre 2007, le nouvel échangeur de masses automatique pour notre comparateur de masses Mettler-Toledo AX106 a été installé par IPA Elektronika (Slovaquie). Les éléments d'électronique qui contrôlent les moteurs permettant les déplacements ont été fournis par l'installateur. Les pièces mécaniques ont été fabriquées par l'atelier de mécanique au BIPM à partir de plans initialement fournis par R. Spurný (SMU, Slovaquie), et légèrement modifiés à l'atelier. En avril 2008, des essais ont été effectués, en utilisant le programme fourni par Mme I. Van Andel du NMi VSL (Pays-Bas). Les premiers essais ont été encourageants, l'écart-type étant considérablement plus faible que celui obtenu avec des opérations manuelles. Un hygromètre et trois thermistances ont été acquis et testés. Ces instruments et un manomètre sont nécessaires pour calculer la masse volumique de l'air à l'aide de la formule CIPM-2007. Ils seront installés dans la balance dans un futur proche et du code sera ajouté dans le programme pour l'acquisition de leur lecture. Nous prévoyons alors des essais complets de validation du système, qui sera ensuite couvert par notre système de gestion de la qualité.

### **2.4 Projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro** (A. Picard)

Le BIPM continue à participer activement au Groupe de travail du CCM sur la constante d'Avogadro et, dans le cadre du projet de collaboration

internationale sur la constante d'Avogadro (IAC), il coordonne la détermination des masses des sphères en silicium. Les deux sphères de  $^{28}\text{Si}$  ont été fabriquées et remises par l'Australian Centre for Precision Optics (ACPO) du CSIRO à l'IAC en avril 2008. La procédure de mesure des deux sphères a été décidée et un échéancier des travaux pour deux ans a été approuvé par les coordonnateurs de l'IAC. Les sphères, AVO28#5 et AVO28#8, devraient arriver au BIPM pour des déterminations de masse au second semestre de 2008. Entre temps, parce que le BIPM est le laboratoire pilote, nous avons préparé le protocole pour une comparaison internationale de masse entre le BIPM, le NMIJ/AIST, la PTB et le NMIA. Cette deuxième comparaison internationale de masse, dans le vide, sera effectuée sur les deux sphères en  $^{28}\text{Si}$ . Le protocole est fondé sur l'expérience acquise lors de la précédente comparaison mentionnée dans le rapport de l'an passé, et nous espérons qu'elle sera terminée au printemps 2009.

Pour compléter ce travail, le BIPM a commencé à participer en février 2008 au projet iMERA-Plus afin de déterminer la constante de Planck molaire,  $N_A h$ .

## 2.5 Artefacts de sorption de 1 kg en platine iridié (A. Picard)

Nous avons mentionné l'an dernier que pour aider les laboratoires nationaux de métrologie impliqués dans l'expérience sur la balance du watt et dans le projet Avogadro, nous avons prévu de fabriquer quatre séries de deux artefacts de sorption de 1 kg en platine iridié. Trois séries ont été livrées, la dernière série d'artefacts de sorption est déjà usinée et ajustée, mais une étude supplémentaire de la stabilité de masse est nécessaire avant la livraison. Une cinquième série a été fabriquée et envoyée à un laboratoire national de métrologie, qui prévoit de polir et d'ajuster la masse de la paire d'artefacts. En ce qui concerne les artefacts de sorption du BIPM, il a été possible de suivre sur une durée d'un an la variation du coefficient d'adsorption de vapeur d'eau avec une incertitude d'environ  $3 \text{ ng} \cdot \text{cm}^{-2}$ . La quantité d'eau absorbée à la surface du platine peut ensuite être réduite par ajustement à l'aide d'une fonction temporelle des valeurs de coefficients d'adsorption obtenus (d'environ  $40 \text{ ng} \cdot \text{cm}^{-2}$ ). Pour un étalon de masse de 1 kg en platine iridié classique (constituant l'un des éléments d'une paire d'artefacts) la correction de sorption de l'eau entre l'air et le vide est d'environ  $3 \mu\text{g}$ , avec une incertitude de  $0,2 \mu\text{g}$ . Ce résultat démontre qu'en utilisant une telle paire d'artefacts, il est possible d'effectuer avec exactitude le lien entre les prototypes nationaux, qui sont conservés dans l'air, et les masses d'essai

utilisées dans les expériences sur la balance du watt et les sphères en silicium utilisées dans le projet Avogadro, qui sont toutes pesées dans le vide.

## 2.6 Boîte à gants (A. Picard)

Cette année, nous avons reçu la boîte à gants, qui est un composant clé de notre système de transfert entre l'air et le vide. L'utilisation de la boîte à gants permettra le transfert d'une masse dans le vide ou dans un gaz inerte au comparateur de masse Sartorius CCL 1007, en évitant tout contact avec l'air ambiant. La boîte à gants est couplée à une étuve à vide afin de chauffer les sphères en silicium utilisées dans le projet Avogadro, éliminant ainsi la physisorption de l'eau à la surface de la sphère. La boîte à gants seule ne suffit pas pour effectuer le transfert de masse. Il est aussi nécessaire d'avoir un système de transfert dans le vide afin de charger la masse dans la balance, automatiquement et dans le vide. Nous devrions recevoir ce système cet été et tout l'équipement sera alors testé.

## 2.7 Appareil de pesée hydrostatique (R.S. Davis et C. Goyon-Taillade)

Cette année, il y a eu une augmentation inhabituelle des demandes d'étalonnages de masse volumique. Les masses volumiques ont été déterminées pour quatre étalons de masse en acier inoxydable, un appartenant au LATU (Uruguay) et les trois autres au KIM-LIPI (Indonésie). Un nouveau prototype de 1 kg a été fabriqué par le BIPM pour les États-Unis et deux étalons de 500 g en Pt-Ir pour le LNE (France). La fabrication de trois nouveaux prototypes de 1 kg est en cours. Les déterminations de leur masse volumique ont déjà été effectuées. Leurs masses sont maintenant à 0,7 g au dessus de 1 kg. Après l'ajustement final, elles satisferont à la tolérance officielle de  $1 \text{ kg} \pm 1 \text{ mg}$ . De plus, des tests pour l'acceptation d'un lingot de Pt-Ir ont été effectués sur quatre échantillons de celui-ci, suivant les termes de notre protocole avec notre fournisseur, Johnson Matthey.

Les étalonnages de masse volumique ont été effectués avec de l'eau bidistillée comme étalon de masse volumique. Nous rappelons que l'année dernière des essais préliminaires satisfaisants avaient été effectués dans un bain d'eau en utilisant deux cylindres de 500 g en monocristal de silicium, dont les masses volumiques avaient été déterminées au préalable au NMIJ/AIST. L'objectif final est de remplacer l'eau par du fluorocarbure liquide, et d'utiliser les cylindres en silicium comme référence pour étalonner la masse volumique du fluorocarbure. La procédure de mesure sera

différente de celle utilisée actuellement, et nous avons déjà prévu qu'une modification du niveau inférieur de l'échangeur de masse sera nécessaire. Avant de poursuivre, il est prévu de moderniser l'ordinateur utilisé pour le contrôle des instruments, de remplacer le système de contrôle de l'échangeur de masses par un plus performant et de mettre à jour le programme utilisé pour communiquer avec les divers instruments. Ce travail progresse par étapes en fonction de la disponibilité des nouveaux instruments et programmes.

## 2.8 Pression (R.S. Davis et C. Goyon-Taillade)

Les étalonnages des manomètres du BIPM par rapport à la balance de pression conservée à la section Masse ont été effectués quatre fois cette année. Vingt-deux certificats internes ont été émis.

Nous rappelons qu'une étude a été effectuée l'année dernière sur l'influence de la température ambiante et de la longueur du tube de connexion sur les manomètres. Une dépendance en température a été trouvée sur un manomètre utilisé pour l'étude. Il n'a pas été possible de poursuivre ces investigations avec d'autres manomètres cette année à cause d'autres travaux plus prioritaires. Cependant, par précaution, il a été décidé de déplacer tous les manomètres à étalonner dans le laboratoire de mesure des pressions. La différence de température ambiante entre le laboratoire de pression et les autres laboratoires de la section Masse est inférieure à 1 °C.

Une comparaison bilatérale pilotée par le LNE (France) a été effectuée en janvier 2006 afin de valider notre balance de pression avant son introduction dans notre système de gestion de la qualité. Le rapport final a été émis cette année, après révision et acceptation par l'EURAMET. Ce rapport est maintenant publié dans *Metrologia Technical Supplement* (voir la liste des publications ci-dessous).

## 2.9 Balance de torsion pour la mesure de G (R.S. Davis, T.J. Quinn\* et C.C. Speake\*\*)

Il a été mis fin à cette expérience en mai 2008. Une grande partie de l'appareil sera transférée à l'université de Birmingham (Royaume-Uni)

---

\* Directeur honoraire du BIPM.

\*\* Université de Birmingham (Royaume-Uni).



conformément à un précédent accord. Les résultats de l'expérience sont en cours d'évaluation.

## 2.10 Publications, conférences et voyages : section Masse

### 2.10.1 Publications extérieures

1. Picard A., Davis R.S., Gläser M., Fujii K., Revised formula for the density of moist air (CIPM-2007), *Metrologia*, 2008, **45**(2), 149-155.
2. Perkin M., Picard A., Lecollinet M., Fen K., Sardi M., Miiller A., Agarwal A., Jescheck M., Wüthrich C., Final report on CCM key comparison CCM.P-K2: Pressure (10 kPa to 120 kPa) absolute mode, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 07002.
3. Otal P., Legras J.-C., Goyon C., Barat P., Davis R.S., Final report on supplementary comparison EUROMET.M.P-S3 of absolute pressure standards in the barometric range from 80 kPa to 110 kPa, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 07004.

### 2.10.2 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites, formation)

R.S. Davis s'est rendu :

- au LNE-INM/CNAM (France), le 2 juillet 2007, pour une étude sur le travail technique lié aux activités du CCT ;
- au VNIIM (Féd. de Russie), le 24 août 2007, pour une réunion du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie ;
- au DFM (Danemark), le 1<sup>er</sup> octobre 2007, pour participer à la visite de surveillance des activités sur la masse ;
- à Merida (Mexique), du 28 au 30 novembre 2007, aux comités techniques 3, 16 et 22 de la 20<sup>e</sup> réunion de l'IMEKO, pour présenter une conférence plénière intitulée « On the redefinition of the kilogram: Recent advances » ;
- au CENAM (Mexique), les 3 et 4 décembre 2007, pour assister à une réunion du Groupe de travail du CCM sur la force ;
- au comité technique de l'EURAMET sur la masse, du 5 au 7 mars 2008, à l'INM, Bucarest (Roumanie), accompagné de A. Picard ;
- au comité technique de l'EURAMET sur la thermométrie, du 31 mars au 2 avril 2008, au NMi (Pays-Bas) ;

- au NMI (Pays-Bas), le 3 avril 2008, pour consulter Mme I. van Andel au sujet d'un logiciel d'automatisation ;
- au séminaire sur la détermination de la constante de Boltzmann, au LNE (France), le 7 avril 2008 ;
- au Laboratoire de physique nucléaire et de hautes énergies (LPNHE, France), le 10 avril 2008, pour présenter un séminaire sur l'éventuelle redéfinition du kilogramme ;
- à l'École des sciences de l'univers d'Orléans (OSSU08), thème « masse » (origine, mouvement, mesure), pour une présentation invitée intitulée « Mass Metrology and the International System of Units », le 23 juin 2008.

A. Picard s'est rendu :

- à la PTB, Braunschweig (Allemagne), le 4 juillet 2007, pour remettre une sphère de silicium liée au projet de l'IAC et pour des discussions avec le personnel de Sartorius AG, accompagné de H. Fang ;
- à Merida (Mexique), du 28 au 30 novembre 2007, au comité technique 3 de la 20<sup>e</sup> réunion de l'IMEKO, pour un exposé invité intitulé « Progress on the BIPM watt balance » ;
- à la PTB, Braunschweig (Allemagne), les 12 et 13 mars 2008, pour assister au comité de l'IAC ;
- au NMIA, Sydney (Australie), du 31 mars au 9 avril 2008, pour assister au comité de l'IAC ;
- à l'ENS, Cachan (France), du 23 au 25 juin 2008, pour assister à la conférence « Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing (AMCTM) », accompagné de C. Goyon.

H. Fang s'est rendue :

- à Merida (Mexique), du 28 au 30 novembre 2007, au comité technique 3 de la 20<sup>e</sup> réunion de l'IMEKO, pour une présentation intitulée « Progress on mass determination of 1 kg silicon spheres for the Avogadro project » ;
- au LNE, Paris (France), le 23 avril 2008, pour visiter le laboratoire de masse, accompagné de A. Kiss ;
- au NIST (États-Unis d'Amérique), le 5 juin 2008, pour visiter le laboratoire de masse.

## 2.11 Activités liées au travail des Comités consultatifs

R.S. Davis est secrétaire exécutif du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) et du Comité consultatif de thermométrie (CCT).

Le CCM et dix de ses treize groupes de travail ainsi que deux sous-groupes de travail se sont réunis au BIPM en avril 2008. Le CCT, ses neuf groupes de travail et son sous-groupe de travail se sont réunis au BIPM en mai 2008.

A. Picard coordonne les mesures de masse dans le cadre du projet de collaboration sur la constante d'Avogadro et du Groupe de travail du CCM sur la constante d'Avogadro (*voir* section 2.3). Il est membre du comité d'organisation du sous-groupe de travail 1 du Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse, qui est chargé d'élaborer une mise en pratique d'une future redéfinition du kilogramme.

Trois membres de la section Masse consacrent une part importante de leur temps à la balance du watt, l'un des deux projets spéciaux du BIPM :

- A. Picard, 80 % ;
- H. Fang, 70 % ;
- A. Kiss, 100 % (depuis qu'il a rejoint la section Masse en novembre 2007).

Note : les progrès de la balance du watt du BIPM sont présentés à la section 7.2.

## 2.12 Visiteurs de la section Masse

- MM. H. Imai (conseiller au NMIJ/AIST) et T. Ono (Université des sciences d'Okayama, Japon), le 4 septembre 2007, pour visiter le laboratoire de la balance du watt.
- M. A. Leistner (consultant au CSIRO), le 24 septembre 2007, pour visiter les laboratoires sur le projet Avogadro et la balance du watt.
- MM. P. Pinot (LNE-INM/CNAM) et P.-A. Maury (LNE), le 3 octobre 2007, pour inspecter les étalons de masse en platine iridié de 500 g fabriqués par le BIPM pour le LNE.
- MM. L.F. Eason (directeur du North Carolina Standards Laboratory, États-Unis) et K. Fraley (métrologiste d'État, Oklahoma Bureau of Standards, États-Unis), le 18 octobre 2007, pour discuter de questions relatives à la robotique pour les pesées.

- MM. T. Froehlich et D. Heydenbluth (Sartorius AG), du 5 au 9 novembre 2007, pour des modifications et des ajustements au comparateur de masse CCL 1007.
- MM. R. Spurný et I. Paduch (IPA Elektronika), du 5 au 10 novembre 2007, pour l'installation de l'échangeur de masse automatique de la balance de 100 g.
- M. M. Firlus (PTB), le 6 novembre 2007, pour des discussions et pour collecter des artefacts de mesure de surface.
- M. J. Faller (Université du Colorado, États-Unis), le 11 décembre 2007, pour discuter des mesures mécaniques de précision.
- M. R. Crease (Université Stony Brook, États-Unis), le 26 décembre 2007, pour discuter du rôle du kilogramme dans le SI.
- MM. S. Davidson et J. Berry (Royaume-Uni), le 28 janvier 2008, pour organiser une étude conjointe sur le nettoyage de prototypes en platine iridié par ozone produit par une lampe à ultraviolet.
- M. J. Zuda (CMI), du 11 au 14 février 2008, pour un avis sur la pesée dans le vide.
- MM. P. Juncar et M. Plimmer (LNE-INM/CNAM), le 14 février 2008, pour discuter d'applications éventuelles du réfractomètre du BIPM.
- M. J. Berry (NPL), du 9 au 15 avril 2008, pour la phase I d'une étude conjointe en trois phases sur le nettoyage par ozone produit par une lampe à ultraviolet de prototypes en platine iridié ; du 13 au 16 mai pour la phase II ; et du 9 au 13 juin pour la phase III.
- M. Y. Yoshimoto (principal représentant à Paris de "New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO"), le 18 avril 2008, accompagné de M. M. Tanaka, membre du CIPM.
- MM. T. Madec et P.-A. Meury (LNE), le 16 avril 2008, pour voir le comparateur de masse CCL 1007.
- M. Y. Fujita (NMIJ/AIST), le 23 avril 2008.
- Mme I. van Andel (NMi VSL), le 23 avril 2008, pour des essais sur la balance automatisée de 100 g du BIPM avec un logiciel élaboré par le NMi VSL.

### 3 TEMPS, FRÉQUENCES ET GRAVIMÉTRIE (E.F. ARIAS)

#### 3.1 Temps atomique international (TAI) et Temps universel coordonné (UTC) (E.F. Arias, Z. Jiang, H. Konaté, W. Lewandowski, G. Panfilo\*, G. Petit et L. Tisserand)

Les échelles de temps de référence, le Temps atomique international (TAI) et le Temps universel coordonné (UTC), sont établies à partir des données fournies régulièrement au BIPM par les laboratoires horaires qui maintiennent des réalisations locales de l'UTC ; les données mensuelles sont publiées chaque mois dans la *Circulaire T. Le Rapport annuel du BIPM sur les activités du temps*, volume 2, complété par des fichiers informatiques accessibles sur le site Web du BIPM (<http://www.bipm.org>), donne les résultats définitifs de l'année 2007.

#### 3.2 Algorithmes pour les échelles de temps (Z. Jiang, W. Lewandowski, G. Panfilo\* et G. Petit)

L'algorithme utilisé pour le calcul des échelles de temps est un processus itératif qui produit tout d'abord l'échelle atomique libre (EAL) dont le TAI et l'UTC sont dérivés. Le travail de recherche sur les algorithmes utilisés pour établir les échelles de temps, effectué dans la section, a pour but d'améliorer la stabilité à long terme de l'EAL et l'exactitude du TAI. Une nouvelle physicienne a été recrutée en août 2007 pour s'occuper des activités sur les algorithmes pour les échelles de temps, qui avaient pris du retard ces dernières années.

Le V<sup>e</sup> symposium international sur les algorithmes pour les échelles de temps a été organisé conjointement par le BIPM, le ROA, l'INRiM et l'USNO ; il a eu lieu à San Fernando (Espagne) du 28 au 30 avril 2007, avec la participation d'environ 70 métrologistes.

##### 3.2.1 Stabilité de l'EAL

Environ 86 % des horloges utilisées pour le calcul des échelles de temps sont des horloges à césium du commerce du type Symmetricom/HP/Agilent 5071A ou des masers à hydrogène auto-asservis actifs. Pour

---

\* Engagée au grade de physicien le 1<sup>er</sup> août 2007.

améliorer la stabilité de l'EAL, une procédure de pondération est appliquée aux horloges, dont le poids relatif maximal dépend chaque mois du nombre d'horloges participant au TAI. Environ 16 % des horloges ont atteint, en moyenne, le poids maximal en 2007. Cette procédure engendre une échelle de temps fondée sur les meilleures horloges.

La stabilité de l'EAL, exprimée au moyen de l'écart-type d'Allan relatif, est estimée à  $0,4 \times 10^{-15}$ , voire mieux, pour des durées moyennes d'un mois, depuis 2003. Une dérive à long terme, lentement variable, limite sa stabilité à  $2 \times 10^{-15}$  pour des durées moyennes de six mois.

### 3.2.2 Exactitude du TAI

L'exactitude du TAI est caractérisée par l'estimation de la différence relative, et de son incertitude, entre la durée de l'unité d'échelle du TAI et la seconde du SI telle qu'elle est produite, sur le géoïde en rotation, par les étalons primaires de fréquence. Depuis juillet 2007, douze étalons primaires de fréquence ont délivré des mesures ponctuelles de la fréquence du TAI, dont huit fontaines à césium (IT CSF1, LNE-SYRTE FO1, LNE-SYRTE FO2, LNE-SYRTE FOM, NICT CSF1, NIST F1, NMIJ F1 et NPL CSF1). Des rapports sur les mesures des étalons primaires de fréquence sont publiés régulièrement dans le *Rapport annuel du BIPM sur les activités du temps* et sur le site Web du BIPM.

Depuis juillet 2004, une correction d'amplitude maximale  $0,7 \times 10^{-15}$  peut être appliquée tous les mois à la fréquence du TAI si nécessaire. Le traitement global des mesures individuelles conduit à des différences relatives entre la durée de l'unité d'échelle du TAI et la seconde du SI sur le géoïde en rotation allant, depuis juillet 2007, de  $+2,3 \times 10^{-15}$  à  $+4,9 \times 10^{-15}$ , avec une incertitude-type inférieure à  $1 \times 10^{-15}$ . Au cours de l'année douze corrections de pilotage ont été appliquées, avec une correction totale de  $[f(EAL) - f(TAI)]$  de  $-3,6 \times 10^{-15}$ .

Pour améliorer l'exactitude du TAI, une étude sur l'influence des différentes horloges atomiques (horloges à césium, masers à hydrogène etc.) sur l'algorithme pour les échelles de temps a été lancée.

### 3.2.3 Échelles de temps atomique indépendantes

#### TT(BIPM)

Comme le TAI est calculé en « temps réel » et subit des contraintes opérationnelles, il ne fournit pas une réalisation optimale du Temps terrestre

(TT), le temps-coordonnée du système de référence géocentrique. Le BIPM calcule donc une autre réalisation, TT(BIPM), calculée après coup, qui est fondée sur la moyenne pondérée des évaluations de la fréquence du TAI obtenues au moyen des étalons primaires de fréquence. Nous avons fourni une version améliorée de TT(BIPM), nommée TT(BIPM07), valable jusqu'en décembre 2007, qui a une exactitude estimée de l'ordre de  $0,5 \times 10^{-15}$ . Des études pour améliorer le calcul de TT(BIPM) ont été entreprises, afin de bénéficier au mieux des améliorations des étalons primaires de fréquence.

### 3.3 **Étalons primaires de fréquence et représentations secondaires de la seconde** (E.F. Arias, G. Petit, R. Felder et L. Robertsson)

Des membres de la section du temps, des fréquences et de la gravimétrie participent activement aux travaux du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence, afin d'encourager les échanges entre les laboratoires, l'amélioration de la documentation, les comparaisons et l'utilisation d'étalons primaires de fréquence de haute exactitude (fontaines à césium) pour le TAI.

D'autres transitions atomiques micro-ondes ou optiques sont proposées comme représentations secondaires de la seconde par le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence. La liste contenant les valeurs des fréquences et les incertitudes associées pour le Rb, l'ion  $\text{Hg}^+$ , l'ion  $\text{Yb}^+$ , l'ion  $\text{Sr}^+$  et le Sr, recommandée par le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) dans sa Recommandation CCTF 2 (2006) et par le CIPM dans sa Recommandation 1 (CI-2006) reste valide, car il n'y a pas eu de réunion du CCTF en 2007. Le personnel du BIPM continue à participer aux travaux liés aux étalons de fréquence optiques, en étudiant, par exemple, leur comparaison à un niveau d'incertitude relative de  $10^{-17}$ , voire en dessous. C'est un domaine d'activités en évolution très rapide.

### 3.4 **Liaisons horaires** (E.F. Arias, Z. Jiang, H. Konaté, W. Lewandowski, G. Panfilò, G. Petit et L. Tisserand)

Comme le CCTF l'a recommandé lors de sa session d'octobre 2006, les liaisons horaires du GPS utilisées pour les comparaisons d'horloges du TAI sont calculées au moyen de la méthode des solutions globales « all-in-view ». L'introduction de cette méthode diminue particulièrement le bruit pour les liaisons à longue distance et évite d'utiliser des liaisons intermédiaires pour les comparaisons d'horloges en fonctionnement dans des laboratoires très

éloignés. Les comparaisons d'horloges sont actuellement réalisées au moyen de trois techniques indépendantes : observations globales utilisant des récepteurs GPS à une seule fréquence et des mesures du code C/A ; observations globales utilisant des récepteurs géodésiques à deux fréquences et à canaux multiples (de type P3) ; et comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellites de télécommunication géostationnaires. Le nombre croissant des liaisons obtenues avec des récepteurs de type P3 (treize liaisons horaires officielles en mai 2007, et plusieurs autres calculées en redondance), ainsi que les douze observations quotidiennes par aller et retour améliorent notablement l'ensemble du système des liaisons horaires. Les récepteurs classiques du GPS à un seul canal et une seule fréquence, qui représentent aujourd'hui 14 % seulement des équipements pour les liaisons horaires, sont remplacés par des récepteurs à canaux multiples, à une ou deux fréquences. Il en résulte une amélioration globale de l'exactitude des comparaisons de temps, l'ensemble du système de liaisons horaires devenant ainsi plus fiable.

La section continue à étudier les autres méthodes de comparaisons de temps et de fréquences.

#### 3.4.1 Mesures utilisant le code du Global Positioning System (GPS) et du Global Navigation Satellite System (GLONASS)

Pour toutes les liaisons par le GPS, les données sont corrigées pour tenir compte des positions des satellites déduites des éphémérides précises, calculées après coup par l'International GNSS Service (IGS). Les données des récepteurs à une seule fréquence sont corrigées en utilisant les mesures ionosphériques de l'IGS.

#### 3.4.2 Mesures de phase et de code des récepteurs géodésiques

Les comparaisons de temps et de fréquences utilisant le GPS et le GLONASS peuvent être effectuées par des mesures de code, mais aussi par des mesures de la phase des porteuses aux deux fréquences émises. Cette technique, déjà couramment utilisée par la communauté des géodésiens, peut être adaptée aux besoins des comparaisons de temps et de fréquences. Ces études s'effectuent dans le cadre du groupe de travail de l'IGS sur les produits horaires, dont est membre un des physiciens de la section.

La méthode mise au point pour effectuer l'étalonnage absolu des retards du récepteur Ashtech Z12-T nous permet de l'utiliser pour des étalonnages



différentiels de récepteurs similaires dans le monde. Des campagnes d'étalonnage ont débuté en janvier 2001. Depuis 2006, des résultats d'étalonnage d'un nouveau type de récepteur, le Septentrio PolaRx2, ont été obtenus. D'autres types de récepteurs sont aussi à l'étude en collaboration avec des laboratoires qui en sont équipés. Un nouveau récepteur mis au point et commercialisé récemment (GTR50) a été acheté et est utilisé dans les procédures d'étalonnage depuis 2008. Deux récepteurs au moins restent au BIPM pour servir de référence locale à laquelle le récepteur voyageur est comparé entre les campagnes d'étalonnage.

Des données de récepteurs de type géodésique en fonctionnement dans le monde entier sont collectées pour le calcul du TAI, en utilisant des procédures et un logiciel mis au point en collaboration avec l'Observatoire royal de Belgique (ORB). De telles liaisons horaires de type P3 sont maintenant calculées et comparées systématiquement à celles générées au moyen des autres techniques disponibles, notamment celles obtenues par comparaison de temps par aller et retour. Les récepteurs de type géodésique fournissent aussi des mesures de phase brutes qui peuvent être utilisées, avec les mesures de code, pour calculer les liaisons horaires. Ceci est fait régulièrement par l'IGS pour certains laboratoires horaires qui participent aussi à son réseau. Depuis octobre 2007, le BIPM calcule ses propres solutions pour de telles liaisons horaires au moyen d'un logiciel de positionnement précis (Precise Point Positioning, PPP), obtenu auprès d'instituts géodésiques avec lesquels nous collaborons. Les comparaisons entre les résultats du PPP, de l'IGS, du P3, et des liaisons par la méthode d'aller et retour, ont permis d'analyser de manière judicieuse la stabilité de chacune de ces techniques. Une expérience pilote (TAIPPP) a débuté en avril 2008, avec la participation de 25 laboratoires, afin d'étudier l'introduction des liaisons horaires du PPP pour le calcul du TAI.

### 3.4.3 Comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite

Deux réunions des stations participant aux comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite ont eu lieu depuis juillet 2007, et le Groupe de travail du CCTF sur les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite s'est réuni au METAS en septembre 2007. Le BIPM effectue la collecte des résultats de comparaisons d'horloges par aller et retour de dix-sept stations en activité et traite certaines liaisons. Une dizaine de liaisons par aller et retour sont régulièrement utilisées dans le

calcul du TAI et l'on en prépare d'autres. Le BIPM participe aussi à l'étalonnage de liaisons horaires par aller et retour sur satellite par comparaison avec le GPS. Un événement majeur a eu lieu en février 2008, lorsqu'un changement de satellite a demandé d'apporter des modifications au matériel utilisé pour les stations terrestres dans les comparaisons par aller et retour, ce qui a provoqué une perturbation dans les étalonnages des équipements. Le BIPM joue un rôle clé pour maintenir la continuité des liaisons en conservant les étalonnages par les liaisons horaires PPP du GPS qui sont calculées dans le cadre du projet pilote.

#### 3.4.4 Incertitudes sur les liaisons horaires du TAI

Les valeurs des incertitudes de types A et B affectant les liaisons horaires du TAI sont publiées dans la *Circulaire T*, ainsi que les informations relatives aux liaisons horaires utilisées pour chaque calcul mensuel. Les valeurs de  $u_A$  sont actualisées le cas échéant, en fonction du niveau de bruit observé dans les liaisons.

#### 3.4.5 Étalonnage des liaisons horaires du TAI

Le BIPM continue à organiser et à effectuer des campagnes d'étalonnage de récepteurs du temps du GPS des laboratoires de temps qui participent au calcul du TAI. De juillet 2007 à juin 2008, des récepteurs du GPS à une ou deux fréquences ont été étalonnés. Le BIPM participe aussi à l'organisation des campagnes d'étalonnage des équipements pour les comparaisons de temps et de fréquence par aller et retour sur satellite ; un récepteur du GPS de notre laboratoire de temps est utilisé pour ces campagnes.

Grâce à la collaboration du Space Research Centre à Varsovie (Pologne), il a été possible d'améliorer l'étalonnage des équipements du GLONASS. À la suite de cette collaboration, nous envisageons de commencer au dernier semestre de 2008 l'étalonnage aux fréquences du GLONASS pour les récepteurs du GPS et du GLONASS en service dans les laboratoires qui participent au TAI.

### 3.5 Comparaisons clés

(E.F. Arias, W. Lewandowski, G. Panfilo et L. Tisserand)

Des mises à jour mensuelles de la comparaison clé CCTF-K001.UTC sont effectuées après publication de la *Circulaire T*. Seuls les laboratoires de

temps qui appartiennent aux États Membres et aux Associés à la Conférence générale, et qui participent au CIPM MRA, ont des résultats publiés pour cette comparaison clé.

Comme le CCTF l'a recommandé lors de sa session d'octobre 2006, la section a débuté une étude sur l'incertitude de la fréquence pour la comparaison clé de fréquence CCTF-K002.FREQ. Les premiers résultats ont été obtenus et d'autres études sont en cours.

### 3.6 Pulsars (G. Petit)

Nous poursuivons notre collaboration avec l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP), à Toulouse (France), et avec différents groupes de radio-astronomes qui font des observations de pulsars et en analysent les résultats, afin d'étudier l'aptitude potentielle des pulsars-milliseconde à contrôler la stabilité à très long terme du temps atomique. La section du temps, des fréquences et de la gravimétrie fournit à ces groupes sa réalisation en temps différé du temps terrestre.

### 3.7 Références spatio-temporelles (E.F. Arias et G. Petit)

Un site Web et ftp pour les *Conventions de l'IERS* a été mis en place au BIPM (<http://tai.bipm.org/iers/>), ainsi qu'un forum de discussion pour les utilisateurs (<http://tai.bipm.org/iers/forum/>), afin qu'ils puissent faire part de leurs commentaires concernant les futures mises à jour des *Conventions de l'IERS*. Les mises à jour des *Conventions* (2003) ont été placées sur le site Web (<http://tai.bipm.org/iers/convupdt>). Ces mises à jour portent sur différents modèles nouveaux concernant les effets qui affectent le positionnement sur la Terre au niveau millimétrique, niveau qui devient significatif. Ces changements sont à l'étude actuellement avec l'aide du Conseil chargé des mises à jour des *Conventions de l'IERS*, qui comprend des représentants de tous les groupes participant à l'IERS. Un atelier sur les *Conventions de l'IERS* a été organisé au BIPM les 20 et 21 septembre 2007 pour discuter de l'amélioration des modèles déjà publiés et de la mise en œuvre des nouveaux modèles. Environ 65 scientifiques de quinze pays ont assisté à l'atelier. Les présentations sont disponibles sur le site web du BIPM ([http://www.bipm.org/en/events/iers/iers\\_documents.html](http://www.bipm.org/en/events/iers/iers_documents.html)).

Des activités liées à la réalisation de systèmes de référence pour l'astronomie et pour la géodésie sont entreprises en collaboration avec l'IERS. Dans ces domaines, améliorer l'exactitude ne sera possible qu'avec un traitement

totalemment relativiste et il est fondamental de continuer à participer aux groupes de travail internationaux travaillant sur ces questions, par exemple la nouvelle commission de l'UAI sur la relativité en astronomie fondamentale. La collaboration sur le système de référence céleste international se poursuit et le travail progresse dans le cadre de l'UAI, de l'IVS et de l'IERS pour l'élaboration d'un nouveau système de référence conventionnel qui sera soumis à l'UAI en août 2009.

### **3.8 Travaux sur le peigne (R. Felder et L. Robertsson)**

En raison de la réorganisation de la section, les activités sur le peigne sont limitées à sa maintenance pour des applications internes au BIPM.

### **3.9 Comparaisons clés BIPM.L-K11 et CCL-K11 (R. Felder et L. Robertsson)**

En 2003, lors de sa 22<sup>e</sup> réunion, la Conférence générale avait approuvé la proposition du CIPM de fermer la section des longueurs du BIPM en 2006. Par conséquent, le BIPM ne peut plus continuer d'assumer son rôle de laboratoire pilote de la comparaison clé BIPM.L-K11.

Outre le fait de fournir une traçabilité directe pour ces étalons, les mesures effectuées dans le cadre de BIPM.L-K11 constituent un réseau de traçabilité de haut niveau qui permet d'étendre l'incertitude réduite sur la réalisation de la définition du mètre à d'autres laboratoires nationaux de métrologie plus petits. De plus, l'information accumulée à partir de ces mesures donne de meilleures valeurs pour les radiations recommandées à publier dans la mise en pratique, ce qui entraîne une amélioration qui n'était pas disponible pour les différentes comparaisons de fréquence effectuées dans le cadre de la comparaison BIPM.L-K10.

Après l'introduction de la technologie du peigne dans certains laboratoires nationaux de métrologie plus petits, la participation à la comparaison BIPM.L-K11 est considérée comme un moyen de valider les résultats des peignes à un niveau convenable pour étayer leurs déclarations d'aptitude de mesure.

Afin de répondre aux exigences du CCL et aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie en ce qui concerne ces comparaisons, un questionnaire a été préparé et distribué aux États Membres. Les réponses indiquent qu'il existe un besoin réel pour ce type de mesures et une structure répartie a donc été proposée pour continuer la comparaison BIPM.L-K11.

Selon cette proposition, le BEV (Autriche) sert de laboratoire pilote à la place du BIPM, et quatre laboratoires (le MIKES, le NMIJ, le NPL et le NRC) de différentes organisations régionales de métrologie servent comme pivots de liaison. Les détails finaux concernant ce nouveau mode de fonctionnement de la comparaison clé ont été discutés pendant la 13<sup>e</sup> session du CCL en septembre 2007. La nouvelle organisation a alors été approuvée. Il a été décidé de cesser la comparaison clé BIPM.L-K11 et de commencer la comparaison clé correspondante CCL-K11. Un protocole technique modifié a été préparé et le travail de coordination est maintenant transféré au BEV. Les premières mesures de CCL-K11 ont été faites au MIKES en décembre 2007, avec l'assistance technique de M. L. Robertsson.

### **3.10 Service d'étalonnage et de mesurage** (R. Felder, J. Labot et L. Robertsson)

La section fournit un service d'étalonnage et de mesurage de peignes et de lasers de référence uniquement pour des besoins internes. Ceci concerne notamment la détermination périodique de la fréquence absolue de nos lasers de référence, à 633 nm et à 532 nm, servant aux vérifications de la qualité des cuves à iode, pour le projet de condensateur calculable et pour le gravimètre au BIPM.

### **3.11 Cuves à iode** (R. Felder, J. Labot et L. Robertsson)

Nous continuons à recevoir une forte demande de cuves à iode, de la part des laboratoires nationaux de métrologie et d'autres laboratoires, pour des lasers asservis et pour la spectroscopie. Cette année, nous avons vendu seize cuves à iode (neuf étaient livrées et sept étaient en cours d'étalonnage en juin 2008). Des contacts avancés ont été établis avec plusieurs laboratoires concernant la conception et le remplissage des cuves au second semestre de 2008. Il est important de noter que cette demande concerne, en grande partie, des cuves de conception particulière présentant des géométries spécifiques.

Les cuves à iode étalons que nous produisons sont contrôlées par comparaison de fréquence à notre laser de référence BIW 167. Pour ce faire, les cuves à iode sont placées dans la cavité d'un laser auxiliaire, BIPM7, dont nous avons remplacé le tube à gain. Il a donc fallu effectuer une série de mesures de ce laser auxiliaire afin de déterminer les nouveaux coefficients de puissance et de pression à utiliser pour le calcul de la fréquence absolue de la cuve à iode en cours de vérification.

Afin d'estimer la fiabilité de la fréquence d'une cuve à iode avant de la livrer à un client, nous effectuons pendant un certain temps une série de mesures afin de déterminer la fluorescence de la cellule en cours de vérification au moyen d'une expérience semi-automatisée. Cette expérience sera réinstallée dans le bâtiment des lasers et nous saisirons cette opportunité pour modifier le dispositif mécanique afin de faciliter la détermination des caractéristiques des cuves de géométries spécifiques.

Comme nous l'avons mentionné dans le précédent rapport du directeur, un nouveau système à vide a été acheté. Il a subi des vérifications avec succès ; la conception et la construction d'un nouveau réseau de tubes en verre pour les cuves à iode sont bien avancées.

### **3.12 Gravimètre FG5-108 (L. Vitushkin et O. Orlov\*)**

Le système délivrant la lumière du laser compact Nd:YVO<sub>4</sub>/KTP/I<sub>2</sub>, à la longueur d'onde de 532 nm, à l'interféromètre du gravimètre FG5-108 au moyen d'une fibre optique est en cours de mise au point. Plusieurs configurations optiques ont été testées et analysées.

La chambre de chute du gravimètre FG5-108 a été testée après sa réparation et sa maintenance chez le fabricant « Micro-g LaCoste, Inc. ».

### **3.13 La 7<sup>e</sup> comparaison internationale de gravimètres absolus, ICAG-2005 (Z. Jiang et L. Vitushkin)**

Le travail d'évaluation des bilans d'incertitude des gravimètres absolus qui ont participé à ICAG-2005 est terminé ; il a été effectué en collaboration avec les participants et avec le groupe de discussion sur le protocole technique et les bilans d'incertitude du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie.

Plusieurs types d'ajustement et d'évaluation des résultats absolus et relatifs obtenus pendant ICAG-2005 ont été étudiés. Les résultats sont en discussion et ils serviront de base à l'élaboration de recommandations pour le protocole technique d'ICAG-2009.

---

\* Chercheur invité du VNIIM.

### 3.14 Étude préliminaire du projet de balance du watt du BIPM du point de vue de la gravimétrie (Z. Jiang)

Les mesures de gravimétrie absolue pour la balance du watt du BIPM doivent présenter une incertitude relative de  $10^{-8}$ . Des études préliminaires de l'équipement et de l'influence de l'environnement local et global ont été effectuées dans ce but.

### 3.15 Publications, conférences et voyages: section du temps, des fréquences et de la gravimétrie

#### 3.15.1 Publications extérieures

1. Arias E.F, A successful example of international coordination for metrology: the international time scales, *Proc. Int. Symposium, Terrestrial Gravimetry, Static and Mobile Measurements TG-SMM-2007*, State Research Centre of Russia Electropribor St Petersburg, 2008, 7-14.
2. D'Agostino G., Germak A., Vitushkin L.F., International Comparison of Absolute Gravimeters, Technical Protocol and Estimate of the Reference Value and its Uncertainty, *Proc. Int. Symposium Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements TG-SMM-2007*, State Research Centre of Russia Electropribor, St Petersburg, 2008, 117-122.
3. Jiang Z., Vitushkin L., Becker M., Francis O., Jousset P., Ferry M., Dupont F., Deroussi S., Métivier L., Pajot G., Lee C., Tsai C., Falk R., Wilmes H., Kopaev A., Ruess D., Ullrich C., Meurers B., Mrlina J., Palinkas V., Kostelecky J., Pereir F., van Ruymbeke M., Naslin S., Relative campaign during the International Comparison of Absolute Gravimeters ICAG-2005 and the strategy of data treatment combined with the absolute results, *Proc. 1st Int. Gravity Field Service Symposium, Istanbul, 2007*, 371-376.
4. Jiang Z., Petit G., Defraigne P., Combination of GPS carrier phase solution with a calibrated time transfer link, *Proc. 21st EFTF, 2007*, 1182-1187.
5. Jiang Z., Becker M., Vitushkin L., The local gravity field at BIPM, *Proc. Int. Symposium Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements TG-SMM-2007*, State Research Centre of Russia Electropribor, St Petersburg, 2008, 152-157.
6. Krivtsov E., Yankovsky A., Vitushkin L., Francis O., Investigations of Characteristics of Gravimetric Sites Intended for High-Accuracy

- Measurements, *Proc. Int. Symposium Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements TG-SMM-2007*, State Research Centre of Russia Electropribor, St Petersburg, 2008, 158-166.
7. Lewandowski W., Matsakis D., Panfilo G., Tavella P., Analysis of Correlations, and Link and Equipment Noise in the Uncertainties of  $[UTC - UTC(k)]$ , *UFFC*, April 2008, **4**, 750-760.
  8. Petit G., The long-term stability of EAL and TAI (revisited), *Proc. EFTF-FCS'07 meeting*, 2007, 391-394.
  9. Petit G., Jiang Z., GPS All in view time transfer for TAI computation, *Metrologia*, 2008, **45**(1), 35-45.
  10. Petit G., Jiang Z., Precise point positioning for TAI computation, *Proc. EFTF-FCS'07 meeting*, 2007, 395-398.
  11. Petit G., Jiang Z., Precise point positioning for TAI computation, *IJNO* Article ID 562878, doi:10.1155/2008/562878, 2008.
  12. Robertsson L., Felder R., Bertinotto F., Cordiale P., Wallerand J.-P., Suh H., Hussein H., Hamid R., Sahin E., Results from the CII-2006 campaign at the BIPM of the BIPM.L-K11 ongoing key comparison, *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 04003.
  13. Robertsson L., Zucco M., Felder R., Ma L.-S., Quin J., Liu X., Liu Z., Inaba H., Ishikawa J., Hamid R., Results from additional measurements carried out within the BIPM.L-K11 ongoing key comparison. *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 04004.
  14. Robertsson L., Zucco M., Felder R., Ma L.-S., Dahlan A.M., Prieto E., Perez M., Saraiva F., Sharma R., Results from the CII-2005 and CI-2006 campaigns at the BIPM of the BIPM.L-K11 ongoing key comparison, *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 04002.
  15. Vitushkin L., Wolf P., Vitushkin A., Measurement of the Gravitational Constant Using the Attraction Between Two Freely Falling Discs: A Proposal, *Int. J. Modern Physics D*, 2007, **16**(12A), 2287-2295.
  16. Vitushkin L., Measurement standards in gravimetry, *Proc. Int. Symposium Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements TG-SMM-2007*, State Research Centre of Russia Electropribor, St Petersburg, 2008, 98-105.
  17. Vitushkin L., Orlov O., Nalivaev V., Test Measurements of Free-Fall Acceleration Using the FG5-108 Gravimeter With a Compact Diode-Pumped Solid-State Nd:YVO<sub>4</sub>/KTP/I<sub>2</sub> Laser at a Wavelength of 532 nm, *Proc. Int. Symposium Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile*



*Measurements TG-SMM-2007*, State Research Centre of Russia Electropribor, St Petersburg, 2008, 143-146.

18. Vitushkin L., Wolf P., Vitushkin A., A Proposal for the Measurement of the Gravitational Constant Using the Attraction Between Two Freely Moving Discs, *Proc. Int. Symposium Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements TG-SMM-2007*, State Research Centre of Russia Electropribor, St Petersburg, 2008, 259-263.
19. Wallerand J.-P., Robertsson L., Ma L.-S., Zucco M., Absolute frequency measurement of molecular iodine lines at 514.7 nm, interrogated by a frequency-doubled Yb-doped fibre laser, *Metrologia*, 2006, **43**(3), 294-298.

### 3.15.2 Publications du BIPM

20. *Rapport annuel du BIPM sur les activités du temps (2007)*, 2008, **2**, 97 p.
21. *Circulaire T* (mensuelle), 7 p.

### 3.15.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites)

E.F. Arias s'est rendue à :

- Saint-Petersbourg (Féd. de Russie), du 20 au 23 août 2007, pour une présentation invitée au symposium « Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements. TG-SMM-2007 » ;
- New Delhi (Inde), du 29 au 31 août 2007, invitée à visiter le NPLI et à faire une présentation sur les activités du temps au BIPM ;
- Bangalore (Inde), du 5 au 7 septembre 2007, pour une présentation à la deuxième réunion du Comité international du GNSS et pour des réunions du Groupe de travail ICG ;
- Sèvres (France), les 20 et 21 septembre 2007, pour l'atelier sur les Conventions de l'IERS ;
- Toulouse (France), du 1<sup>er</sup> au 4 octobre 2007, pour une présentation et pour présider une séance du 1<sup>er</sup> colloque sur les aspects scientifiques et fondamentaux du programme Galileo ;
- Vienne (Autriche), les 18 et 19 février 2008 et le 10 juin 2008, pour des réunions préparatoire du Comité international du GNSS ;

- Genève (Suisse), du 11 au 14 septembre 2007 et du 31 mars au 4 avril 2008, pour des réunions du Groupe de travail 7A de l'Union internationale des télécommunications, Secteur radiocommunications (UIT-R), en qualité de déléguée du BIPM ;
- Douai (France), le 11 avril 2008, pour le séminaire de formation de l'OIML, et pour une présentation ;
- Toulouse (France), du 23 au 25 avril 2008, pour assister à la réunion de l'European Forum on Time and Frequency (EFTF 08), pour la réunion des stations participant aux comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite, et pour les réunions des groupes de travail du CCTF sur les étalons primaires de fréquence et sur le CIPM MRA ;
- San Fernando (Espagne), du 28 au 30 avril 2008, pour le V<sup>e</sup> symposium international sur les algorithmes pour les échelles de temps, avec un cours à la session de formation.

R. Felder s'est rendu à :

- Noizay (France), du 31 juillet au 1<sup>er</sup> août 2007, pour réceptionner trois longues cuves à iode fabriquées par les Établissements Dumas ;
- Paris (France), le 25 février 2008, au laboratoire AstroParticule et Cosmologie de l'université Paris 7 (APC), pour visiter les laboratoires et remettre deux cuves à iode ;
- Paris (France), du 25 au 28 mars 2008, à la Société française du vide, pour une formation sur la technologie du vide ;
- Paris (France), le 7 avril et les 14 et 15 mai 2008, au séminaire sur la détermination de la constante de Boltzmann au LNE-INM/CNAM ;
- Toulouse (France), du 22 au 25 avril 2008, pour assister à la réunion de l'EFTF 08, et pour la réunion du Groupe de travail du CCTF sur les étalons primaires de fréquence.

Z. Jiang s'est rendu à :

- Saint-Petersbourg (Féd. de Russie), du 20 au 23 août 2007, au symposium « Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements. TG-SMM-2007 » ;
- Beijing (Chine), du 3 au 7 septembre 2007, pour ICMM 2007.

Z. Jiang et W. Lewandowski se sont rendus à :

- Long Beach, Californie (États-Unis d'Amérique), du 26 au 29 novembre 2007, pour la 39<sup>e</sup> réunion « Precise Time and Time Interval » ;

- Toulouse (France), du 23 au 25 avril 2008, pour la réunion de l'EFTF 08, pour les réunions des stations qui participent aux comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite et du Groupe de travail du CCTF sur les étalons primaires de fréquence ;
- San Fernando (Espagne), du 28 au 30 avril 2008, pour le V<sup>e</sup> symposium international sur les algorithmes pour les échelles de temps.

W. Lewandowski s'est rendu :

- au METAS, à Bern (Suisse), du 17 au 19 septembre 2007, pour la 15<sup>e</sup> réunion du groupe de travail du CCTF sur les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite ;
- à Varsovie (Pologne), du 10 au 14 décembre 2007, pour des réunions du groupe de travail polonais sur la métrologie et pour des activités au Space Research Centre.

W. Lewandowski et G. Panfilo se sont rendus à Toulouse (France), du 1<sup>er</sup> au 4 octobre 2007, pour une présentation au 1<sup>er</sup> colloque sur les aspects scientifiques et fondamentaux de Galileo.

G. Panfilo s'est rendue à :

- Toulouse (France), du 23 au 25 avril 2008, pour une présentation à la réunion de l'EFTF 08, pour les réunions des stations qui participent aux comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite, et des groupes de travail du CCTF sur les étalons primaires de fréquence et sur le CIPM MRA ;
- San Fernando (Espagne), du 28 au 30 avril 2008, pour une présentation au V<sup>e</sup> symposium international sur les algorithmes pour les échelles de temps ;
- Orsay (France), du 13 au 15 mai et du 17 au 19 juin 2008, pour une formation à l'utilisation du Fortran au CNRS ;
- Oxford (Royaume-Uni), le 29 mai 2008, pour une formation à NAG Toolbox pour Matlab ;
- Paris (France), du 23 au 25 juin 2008, pour présenter un poster à la réunion « Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing (AMCTM) ».

G. Petit s'est rendu à :

- l'Observatoire de Paris-Meudon (France), du 17 au 19 septembre 2007, pour les Journées Systèmes de Référence Spatio-temporels ;

- Sèvres (France), les 20 et 21 septembre 2007, pour présider l'atelier sur les Conventions de l'IERS, le comité d'organisation et pour deux présentations ;
- Toulouse (France), du 1<sup>er</sup> au 4 octobre 2007, au 1<sup>er</sup> colloque sur les aspects scientifiques et fondamentaux de Galileo ;
- San Francisco (États-Unis d'Amérique), du 9 au 12 décembre 2007, pour les réunions des directoires de l'IGS, de l'IERS et de l'AGU ;
- Besançon (France), le 4 avril 2008, pour une réunion sur le programme pluri-formations « Systèmes de Référence » ;
- Vienne (Autriche), du 12 au 15 avril 2008, pour la réunion du directoire de l'IERS et de l'AGU, avec une présentation ;
- Toulouse (France), du 23 au 25 avril 2008, pour présider une séance et pour une présentation invitée à la réunion de l'EFTF 08, et pour la réunion du Groupe de travail du CCTF sur les étalons primaires de fréquence ;
- San Fernando (Espagne), du 28 au 30 avril 2008, pour une présentation au V<sup>e</sup> symposium international sur les algorithmes pour les échelles de temps ;
- Paris (France), le 26 mai 2008, pour une réunion du groupe de physique fondamentale du CNES.

G. Petit et L. Vitushkin se sont rendus à Pérouse (Italie), du 2 au 8 juillet 2007, pour l'assemblée générale de l'UGGI'2007.

L. Robertsson s'est rendu :

- Saint-Petersbourg (Féd. de Russie), du 20 au 23 août 2007, au symposium « Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements. TG-SMM-2007 » ; le 24 août 2007, pour la 3<sup>e</sup> réunion conjointe du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie et du Groupe d'étude de l'IAG sur les comparaisons de gravimètres absolus au VNIIM ;
- Frascati (Italie), du 10 au 12 octobre 2007, pour le 2<sup>e</sup> séminaire international de l'ASE sur les horloges atomiques optiques ;
- Helsinki (Finlande), du 10 au 14 décembre 2007, pour la comparaison clé CCL-K11 au MIKES ;
- Paris (France), le 6 février 2008, pour une réunion d'experts sur l'asservissement de la fréquence de lasers associée à la mission LISA, Astroparticule et Cosmologie ;

- Toulouse (France), du 23 au 25 avril 2008, pour les réunions de l'EFTF 08 et du Groupe de travail du CCTF sur les étalons primaires de fréquence.

L. Vitushkin s'est rendu à :

- Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie), le 24 août 2007, pour la 3<sup>e</sup> réunion conjointe du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie et du Groupe d'étude de l'AIG sur les comparaisons de gravimètres absolus au VNIIM ;
- Turin (Italie), les 13 et 14 décembre 2007, pour une réunion sur l'évaluation des résultats d'ICAG-2005 ;
- Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie), du 1<sup>er</sup> au 12 février 2008, pour une collaboration avec le VNIIM sur la gravimétrie ;
- Kiev (Ukraine), les 4 et 5 avril 2008, pour une réunion sur les cuves-microstructure et pour une présentation sur les applications des lasers à état solide pompés par diode aux gravimètres absolus par l'Institute of Physics NAS d'Ukraine ;
- Francfort (Allemagne), le 6 avril 2008, pour une réunion de coordination du Groupe de travail de l'AIG sur la gravimétrie absolue et du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie, au BKG ;
- Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie), du 20 au 29 mai 2008, pour des présentations invitées à l'International Academy of Navigation et au séminaire sur la gravimétrie au VNIIM, et pour superviser le travail sur le gravimètre absolu ;
- Turin (Italie), le 17 juin 2008, pour une réunion à l'INRiM du groupe de discussion sur le protocole technique et les bilans d'incertitude du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie ;
- La Chanée (Grèce), du 23 au 28 juin 2008, pour le symposium international de l'AIG « Gravity, Geoid and Earth Observation (GGEO-2008) ».

H. Konaté s'est rendue à Malakoff (France), pour une formation aux statistiques descriptives I et II, les 4-5 et 14-15 juin, et les 17-18 et 27-28 septembre 2007.

J. Labot s'est rendu à :

- Orsay (France), du 15 au 19 octobre et du 3 au 7 décembre 2007, pour une formation à la technologie du vide ;
- Noizay (France), du 19 au 23 mai 2008, pour une formation au soufflage de verre.

L. Tisserand s'est rendu à :

- Orsay (France), du 13 au 15 mai et du 17 au 19 juin 2008, pour une formation à l'utilisation du Fortran au CNRS ;
- Paris (France), du 26 au 30 mai 2008, pour une formation à Labview.

### **3.16 Activités en liaison avec des organisations extérieures**

E.F. Arias est membre de l'UAI et participe à deux de ses groupes de travail sur la nutation et sur le système de référence céleste international. Elle est membre associée de l'IERS et membre de l'International Celestial Reference System Product Centre et du Conventions Product Centre de l'IERS. Elle est membre de l'International VLBI Service (IVS) et de son groupe de travail sur l'analyse du système de référence céleste international. Elle représente le BIPM au directoire de l'IGS. Elle représente le BIPM au comité international sur le GNSS. Elle est membre de l'Argentine Council of Research (CONICET), astronome associée au SYRTE (Observatoire de Paris) et correspondante du Bureau des longitudes. Elle représente le BIPM au Groupe de travail 7A du Groupe d'étude 7 de l'UIT-R.

W. Lewandowski représente le BIPM au Civil GPS Service Interface Committee et il préside son sous-comité sur le temps. Il est membre du conseil scientifique du Space Research Centre de l'Académie des sciences de Pologne. Il préside aussi un Groupe de travail sur la métrologie scientifique au ministère polonais de l'Économie. Avec E.F. Arias, il représente le BIPM au Groupe de travail 7A du Groupe d'étude 7 de l'UIT-R.

G. Petit est co-directeur du Conventions Product Centre de l'IERS. Il est vice-président de la Commission 52 de l'UAI sur la relativité en astronomie fondamentale ; il est membre du groupe de travail de l'UAI « Numerical Standards in Fundamental Astronomy », membre de l'IGS Working Group on Clock Products et du groupe de physique fondamentale du CNES.

L. Vitushkin est président de la sous-commission I de l'AIG « Gravimetry and Gravity Networks » et du Groupe d'étude 2.1.1 sur les comparaisons de gravimètres absolus de la Commission 2 de l'AIG « Gravity field ». Il est membre du comité scientifique international du symposium international de l'AIG « Gravity, Geoid and Earth Observation GGEO-2008 » qui s'est tenu du 23 au 28 juin 2008 à La Chanée (Grèce).

### 3.17 Activités liées au travail des Comités consultatifs

E.F. Arias est secrétaire exécutive du CCTF. Elle partage avec R. Felder le secrétariat du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence. Elle est membre des groupes de travail du CCTF sur les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite, sur les étalons primaires de fréquence et sur le TAI.

R. Felder est secrétaire exécutif du CCL et co-secrétaire du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence.

Z. Jiang est membre du Groupe de travail du CCTF sur les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite.

W. Lewandowski est secrétaire du Groupe de travail du CCTF sur les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite et du Groupe de travail du CCTF sur la normalisation des comparaisons d'horloges utilisant les systèmes de navigation par satellite à couverture globale (CGGTTS).

G. Panfilov est membre des groupes de travail du CCTF sur les algorithmes pour les échelles de temps et sur les étalons primaires de fréquence.

G. Petit est membre des groupes de travail du CCTF sur le TAI, sur les algorithmes pour les échelles de temps, sur les étalons primaires de fréquence, et du CGGTTS.

L. Vitushkin est président du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie.

La 13<sup>e</sup> session du CCL s'est tenue au BIPM les 13 et 14 septembre 2007. Elle a été précédée par les réunions du Groupe de travail du CCL sur la métrologie dimensionnelle et du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence. Les réponses aux questionnaires envoyés ont été analysées et un résumé a été préparé pour présentation et discussion.

Beaucoup de temps a été consacré à la préparation pour la CGPM de 2007 des documents présentant les activités du CCL et du CCTF pendant la période 2003 à 2007.

Dans le cadre de la mise en place de la comparaison clé CCL-K11, L. Robertsson a participé, du 10 au 14 décembre 2007, à la comparaison hébergée par le MIKES et dont le laboratoire pilote était le BEV.

### **3.18 Visiteurs de la section du temps, des fréquences et de la gravimétrie**

- M. E. Boyarskiy et Mme L. Afanasyeva (O. Yu. Schmidt Institute of Earth Physics, Saint-Pétersbourg), du 7 au 22 septembre 2007, pour une collaboration sur un logiciel pour la gravimétrie.
- MM. E. Plagnol, G. Auger, O. Jeannin et deux collègues (APC), le 18 septembre 2007.
- MM. M. Orain (ONERA, Palaiseau) et M.-C. Mérienne (ONERA, Meudon), le 19 septembre et le 20 novembre 2007.
- M. F. Cordara (INRiM), le 19 septembre 2007, pour une collaboration pour la mise en œuvre de la comparaison clé CCTF-K002.FREQ.
- MM. O. Jeannin et O. Turazza (APC), le 24 octobre 2007.
- MM. O. Acef (LNE-SYRTE) et O. Turazza (APC), le 28 novembre 2007.
- M. P. Plombin (Ets. Dumas, Noizay, France), le 6 décembre 2007 et le 25 février 2008.
- M. Borelly (Société Tilt Import, Bazainville, France), le 12 décembre 2007.
- M. M. Kühne (PTB), le 21 janvier 2008.
- M. A. Bauch (PTB), le 14 février 2008.
- M. C. Daussy (LPL), le 20 février 2008.
- M. J. Burger (NMISA), le 17 avril 2008.
- M. M. Gubin (Lebedev Institute, Moscou, Féd. de Russie), le 28 avril 2008.
- Mme C. Adam (Imagine Optics, Orsay, France), le 19 mai 2008.
- M. Calais (Société BOC-Edwards, France), les 5 et 6 juin 2008.
- M. H. Belaidi (INMETRO), le 13 juin 2008.
- M. P. Nogas (AOS), du 16 au 20 juin 2008.

### **3.19 Chercheurs invités**

- M. O. Orlov (VNIIM), du 8 au 25 septembre 2007, pour remettre des lasers pour le condensateur calculable et pour une collaboration en gravimétrie ; et du 1<sup>er</sup> octobre au 5 novembre 2007 pour une collaboration en gravimétrie.



## 4 ÉLECTRICITÉ (M. STOCK)

### 4.1 Potentiel électrique : effet Josephson (R. Chayramy et S. Solve)

Le réseau de Josephson programmable supraconducteur-isolant normal-isolant-supraconducteur (SINIS) de 10 V donné au BIPM par la PTB en 2006 a été comparé à un réseau de jonctions de Josephson conventionnel du LNE, après la comparaison BIPM.EM-K10.b réalisée au LNE en décembre 2007. On a pris soin de réduire autant que possible les contributions des incertitudes systématiques ainsi que l'incertitude statistique. La différence de tension relative et l'incertitude sont exceptionnellement faibles, les deux sont inférieures à  $1 \times 10^{-10}$  en valeur relative. Ceci démontre que la performance du réseau SINIS n'est pas limitée par d'éventuelles jonctions de Josephson résistives ni par des courants de fuite à travers la source de biais de courant. Les résultats de ce travail ont été présentés à la CPEM.

Un vaste programme de rénovation du laboratoire de mesures de tension a débuté en octobre 2007. Les étalons de tension primaires et secondaires et les équipements de mesure ont été temporairement transférés dans un autre laboratoire afin de pouvoir continuer le travail de comparaison et d'étalonnage pendant les travaux. Ceci a retardé les essais finaux du nouveau système d'étalonnage automatique de diodes de Zener.

Le bilan d'incertitude pour l'étalonnage des étalons de tension à diode de Zener par rapport à l'effet Josephson du BIPM a été revu en détail, et de nombreuses expériences ont été effectuées afin de quantifier les composantes de l'incertitude. La version finale du document est encore à l'étude avant son adoption officielle dans le cadre de notre Système Qualité. Un audit interne a été effectué avec succès en septembre 2007.

Nous avons commencé à travailler sur la conception et l'électronique de la source de biais en courant continu pour le réseau supraconducteur-normal-supraconducteur (SNS) de 1 V de Josephson programmable, donné par le NIST. Celui-ci servira dans le futur de référence de tension pour la balance du watt. L'électronique de la source utilisera une série de piles rechargeables et sera capable de biaiser 13 segments de tension Josephson différents et indépendants.

Il est devenu récemment difficile d'acheter des réseaux de Josephson de haute qualité, réseaux essentiels à nos comparaisons sur site. Avec notre équipement de Josephson, S. Solve a rendu visite à l'une des rares compagnies (Hypres Inc.)

qui produisent des réseaux classiques afin de choisir un réseau de qualité suffisante parmi ceux disponibles.

## 4.2 Résistance électrique et impédance

### 4.2.1 Mesures de résistance en courant continu et effet Hall quantique (N. Fletcher, R. Goebel et A. Jaouen)

L'année passée, le système complet de raccordement de résistances du BIPM fondé sur notre référence de Hall quantifiée quantique a été vérifié avec une exactitude de quelques  $10^{-9}$  en valeur relative, notamment le pont de 1 hertz (utilisé pour lier la résistance de Hall quantifiée aux étalons de travail de premier ordre) et le rapport de notre résistance de Hamon (utilisé pour lier la résistance de Hall quantifiée à la référence de capacité). Cette année, la confiance dans cette vérification a été établie au niveau de  $10^{-8}$  au moyen des comparaisons bilatérales d'étalons voyageurs avec le NIST (voir section 4.3).

Pendant la dernière campagne d'étalonnage, une petite fuite a été détectée dans le cryostat de l'étalon de référence de résistance de Hall quantifiée (un cryostat d'Oxford Instruments), qui n'empêche pas la procédure d'étalonnage mais réduit beaucoup le temps de rétention de l'hélium liquide. Comme la fuite ne peut pas être réparée sans démonter tout le système, il a été décidé de reconfigurer le deuxième cryostat disponible à la section d'électricité (un système Cryogenic Ltd), utilisé il y a plusieurs années pour des expériences sur la résistance de Hall quantifiée en courant alternatif. Un insert à  $\text{He}^4$  a été monté, ainsi qu'une sonde équipée d'un thermomètre et de connexions électriques pour un échantillon de Hall quantique utilisé en mode courant continu. Les étalonnages de la référence de  $100 \Omega$  du BIPM obtenus avec les deux systèmes se situent dans les limites de répétabilité des mesures ; c'est-à-dire à quelques  $10^{-9}$  près en valeur relative. Un système redondant est maintenant en place, ce qui permettra au premier système d'être remplacé sans interrompre les mesures.

Afin de faciliter les vérifications périodiques et les étalonnages des voltmètres numériques au niveau de  $10^{-5}$  et  $10^{-6}$  nécessaires aux besoins internes de la section d'électricité, un calibrateur du commerce de bonne qualité a été installé.

La rénovation des laboratoires se poursuit, et une partie du système de climatisation de l'air a été renouvelée, ce qui est fondamental pour la stabilité des mesures.

#### 4.2.2 Conservation d'un étalon de référence de capacité (R. Chayramy, N. Fletcher et R. Goebel)

Après le déménagement, l'an passé, des activités de mesure des capacités dans un nouveau laboratoire, un schéma de traçabilité amélioré, utilisant directement le système à effet Hall quantique, a été mis en œuvre avec succès. Les mesures dans le nouveau laboratoire ont maintenant aussi été validées par une comparaison bilatérale réussie avec le NIST (voir section 4.3). En partie pour aider les services d'étalonnage et en partie pour préparer l'expérience sur le condensateur calculable, des études et des améliorations continues sont entreprises sur le pont à quadrature (qui introduit la plus grande composante de l'incertitude dans la chaîne de traçabilité). L'analyse de la variance d'Allan s'est avérée très utile pour identifier les causes majeures d'instabilité dans le pont. Le plus gros problème était la stabilité à court terme des résistances utilisées comme étalons de transfert entre le courant alternatif et le courant continu. De nouveaux modèles de ces résistances ont présenté une amélioration de la stabilité telle que l'incertitude a été réduite d'un facteur quatre environ, tout en maintenant une différence acceptable (étalonnée) entre le courant alternatif et le courant continu. Les résultats de ce travail ont été présentés à la CPEM.

Des études sur la stabilité du pont ont pris la suite de travaux précédents de la section sur l'analyse des séries temporelles. Ces techniques se sont avérées d'une valeur inestimable pour étudier les contributions à l'incertitude dans la chaîne des ponts d'impédance. Les premières versions du nouveau logiciel de contrôle des ponts et d'analyse des données incorporant certaines de ces techniques ont été écrites. En particulier, une analyse de la corrélation entre les signaux issus des filtres utilisés dans les détecteurs du pont a été effectuée. Elle permet d'estimer une incertitude de type A fiable pour tous les états d'équilibre du pont avec le nouveau logiciel.

Les mesures de résistance et de capacité ont fait l'objet d'un audit interne en septembre 2007.

#### 4.3 Condensateur calculable (R. Felder, N. Fletcher, R. Goebel, L. Robertsson, J. Sanjaime, M. Stock)

L'objectif du projet sur le condensateur calculable, mis en œuvre conjointement avec le NMIA (Australie), est de construire deux condensateurs calculables capables de réaliser une capacité de 0,4 pF avec une incertitude de l'ordre de  $1 \times 10^{-8}$  en valeur relative. Ceci nous permettra

de mesurer la valeur de la constante de von Klitzing,  $R_K$ , pour le prochain ajustement des constantes fondamentales de CODATA, et raccourcira de manière significative la chaîne de traçabilité pour nos étalonnages de capacité. Des membres du personnel de la section d'électricité, de la section du temps, des fréquences et de la gravimétrie, et de l'atelier contribuent à ce projet.

En septembre 2007, nous avons reçu les deux lasers à Nd:YVO<sub>4</sub> à fréquence doublée qui seront utilisés comme sources lumineuses pour les interféromètres nécessaires à la mesure de la distance entre les électrodes des condensateurs. Ces lasers ont été construits au VNIIM d'après un travail initial fait au BIPM. Les lasers monomodes sont asservis sur une raie d'absorption de l'iode. La stabilité relative de la longueur d'onde du laser pour des durées moyennes comprises entre 1 s et 1000 s est de l'ordre de  $1 \times 10^{-12}$ . Les lasers ont passé les tests avec succès et une procédure pour asservir de manière reproductible sur une transition spécifique de l'iode a été mise au point.

Un analyseur de front d'onde a été utilisé pour effectuer des mesures fines des caractéristiques du faisceau du laser. Il est nécessaire afin d'effectuer les calculs de couplage de mode qui déterminent l'arrangement optique nécessaire pour coupler efficacement le faisceau du laser à la fibre monomode utilisée pour transporter le faisceau.

Un banc d'essai a été installé pour tester le comportement de l'interféromètre. Dans les premières mesures, la finesse de l'interféromètre était moindre que prévue, ce qui est probablement lié à l'alignement imparfait des deux miroirs ou à la qualité de surface des miroirs.

L'atelier du BIPM continue à fabriquer un grand nombre de parties mécaniques pour les deux instruments.

Comme décrit précédemment, les ponts qui relieront dans le futur la résistance de Hall quantifiée aux capacités calculables ont été améliorés afin de réduire l'incertitude liée.

Au NMIA, la plus grosse difficulté à surmonter reste le polissage des barres d'électrode de forme cylindrique presque parfaite à 100 nm près sur une longueur de presque 50 cm. Les premières barres correspondent maintenant à ces spécifications, mais la surface montre toujours une structure visible que nos collègues essaient d'éliminer par polissage spécial. Ils cherchent aussi à améliorer les premières étapes de tournage et de ponçage, afin de réduire le temps nécessaire pour le polissage manuel final.

#### 4.4 Comparaisons clés continues du BIPM d'étalons électriques (R. Chayramy, N. Fletcher, R. Goebel, A. Jaouen, S. Solve et M. Stock)

Deux comparaisons sur site d'étalons de tension de Josephson ont été menées à bien, avec le LNE (en décembre 2007) et avec le KRISS (en février 2008). Les résultats ne sont pas encore disponibles officiellement, mais l'accord entre le BIPM et les deux laboratoires nationaux de métrologie est excellent.

Trois comparaisons de tension utilisant des étalons de tension à diode de Zener comme étalons de transfert ont été effectuées avec le KRISS (République de Corée), avec le NML (Irlande) et avec le VNIIM (Féd. de Russie). La comparaison avec le KRISS a été effectuée à deux tensions nominales (1,018 V et 10 V) et les résultats sont toujours en discussion.

Les différences de tension relatives et les incertitudes-type relatives associées, obtenues à 10 V pour le NML et le VNIIM, sont :

$$\text{à } 10 \text{ V} : (U_{\text{NML}} - U_{\text{BIPM}}) = -0,55 \mu\text{V} \quad u = 1,40 \mu\text{V}$$

$$\text{à } 10 \text{ V} : (U_{\text{VNIIM}} - U_{\text{BIPM}}) = -0,22 \mu\text{V} \quad u = 0,34 \mu\text{V}$$

Dans le cadre des comparaisons clés de résistance en continu du BIPM, nous avons organisé des comparaisons bilatérales avec le NIST (États-Unis d'Amérique) et avec le CMI (République tchèque). Pour la comparaison clé BIPM.EM-K13.a, fondée sur des étalons voyageurs de 1  $\Omega$ , les différences relatives entre les étalonnages et l'incertitude-type relative associée sont de :

$$(R_{\text{NIST}} - R_{\text{BIPM}})/1 \Omega = -0,014 \times 10^{-6} \quad u = 0,021 \times 10^{-6}$$

$$(R_{\text{CMI}} - R_{\text{BIPM}})/1 \Omega = +0,040 \times 10^{-6} \quad u = 0,031 \times 10^{-6}$$

Pour la comparaison clé BIPM.EM-K13.b, concernant des étalons de 10 k $\Omega$  :

$$(R_{\text{CMI}} - R_{\text{BIPM}})/10 \text{ k}\Omega = -0,028 \times 10^{-6} \quad u = 0,035 \times 10^{-6}$$

La comparaison avec le NIST nous permettra de lier les résultats de la récente comparaison de résistance du SIM, SIM.EM-K1, à ceux de la comparaison en continu du BIPM.

Pour le programme de comparaison clé d'étalons de capacité en continu du BIPM, nous avons organisé des comparaisons bilatérales avec le NIST (États-Unis) et avec le NML (Irlande). Pour la comparaison BIPM.EM-K14.a, fondée sur des étalons voyageurs à 10 pF, la différence relative entre les étalonnages et l'incertitude relative associée est de :

$$(C_{\text{NIST}} - C_{\text{BIPM}})/10 \text{ pF} = -0,03 \times 10^{-6} \quad u = 0,11 \times 10^{-6}$$

Pour la comparaison clé BIPM.EM-K14.b, concernant des étalons à 100 pF :

$$(C_{\text{NML}} - C_{\text{BIPM}})/100 \text{ pF} = +0,01 \times 10^{-6} \quad u = 0,39 \times 10^{-6}$$

La comparaison avec le NIST a été demandée par le BIPM afin de vérifier nos incertitudes estimées suite aux changements récents de personnel et aux améliorations apportées à nos systèmes de mesure.

#### 4.5 Étalonnages

De juillet 2007 à juin 2008, la section d'électricité a effectué les étalonnages suivants :

- étalons de résistance de 1  $\Omega$  pour l'Afrique du Sud, le Brésil, la Hongrie, la Malaisie, le Portugal et l'Uruguay ; étalons de résistance de 100  $\Omega$  pour la Belgique et la République tchèque ; étalons de résistance de 10 k $\Omega$  pour la Belgique, le Brésil, le Danemark, la Hongrie, le Portugal et l'Uruguay ;
- étalons de capacité de 1 pF pour l'Afrique du Sud et la Malaisie ; étalons de capacité de 10 pF pour l'Afrique du Sud, l'Argentine, la Belgique, l'Inde, la Malaisie, la Pologne, le Portugal et la Roumanie ; étalons de capacité de 100 pF pour l'Afrique du Sud, l'Argentine, la Belgique, l'Inde, la Malaisie, la Pologne et la Roumanie ;
- étalons de tension à diode de Zener à 1,018 V et à 10 V pour la Belgique, la Roumanie et pour la section des rayonnements ionisants du BIPM.

En 2007, nous avons émis au total 49 certificats d'étalonnage et trois notes d'étude.

#### 4.6 Publications, conférences et voyages : section d'électricité

##### 4.6.1 Publications extérieures

1. Fischer J., Stock M. *et al.*, Preparative steps towards the new definition of the kelvin in terms of the Boltzmann constant, *Int. J. Thermophysics*, 2007, **28**(6), 1753-1765.
2. Goebel R., Chrobok P., Fletcher N., Stock M., Final report on the bilateral comparison of 1  $\Omega$  standards (ongoing BIPM key comparison BIPM.EM-K13.a) between the CMI (Czech Republic) and the BIPM, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 01004.
3. Goebel R., Elmquist R., Fletcher N., Stock M., Final report on the bilateral comparison of 1  $\Omega$  standards (ongoing BIPM key comparison

BIPM.EM-K13.a) between the NIST (USA) and the BIPM, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 01001.

4. Power O., Fletcher N., Final report on the bilateral comparison of 100 pF capacitance standards (ongoing BIPM key comparison BIPM.EM-K14.b) between the NML, Ireland and the BIPM, June-October 2007, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 01002.

#### 4.6.2 Rapports BIPM

5. Solve S., Chayramy R., van den Brom H.E., Houtzager E., Comparison of the Josephson voltage standards of NMi VSL and the BIPM (part of the ongoing BIPM key comparison BIPM.EM-K10.b), *Rapport BIPM-2007/01*, 12 p.
6. Power O., Solve S., Stock M., Witt T.J., Bilateral comparison of 10 V standards between the NML (Ireland) and the BIPM, March to April 2007 (part of the ongoing BIPM key comparison BIPM.EM-K11.b), *Rapport BIPM-2007/03*, 7 p.
7. Katkov A.S., Solve S., Stock M., Bilateral comparison of 10 V standards between the VNIIM (Russia) and the BIPM, August to October 2007 (part of the ongoing BIPM key comparison BIPM.EM-K11.b), *Rapport BIPM-2007/07*, 10 p.

#### 4.6.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites)

M. Stock, R. Goebel, N. Fletcher, S. Solve et E. de Mirandés se sont rendus à la CPEM 2008 et aux réunions satellites, à Boulder (États-Unis), du 9 au 13 juin 2008 :

- S. Solve a présenté une conférence invitée intitulée « A survey of Josephson comparisons » et un poster intitulé « Direct Josephson voltage standard comparison between a programmable SINIS array and a conventional SIS array » ;
- N. Fletcher a présenté une conférence intitulée « The properties of commercial thick film resistance elements as ac-dc transfer standards » et un poster intitulé « Some applications of times series analysis techniques » ;
- M. Stock a assisté aux réunions des groupes de travail du CCEM pour les grandeurs aux basses fréquences (WGLF), pour les grandeurs aux radiofréquences (GT-RF), pour la coordination des organisations

régionales de métrologie, sur la stratégie et sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme ;

- S. Solve et E. de Mirandés ont assisté à la réunion du Groupe de travail sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme ;
- M. Stock a assisté à la réunion du Comité exécutif de la CPEM le 12 juin 2008 ;
- S. Solve a assisté à l'atelier sur les étalons de tension de Josephson au NIST, Boulder, du 16 au 18 juin 2008.

M. Stock s'est rendu :

- à Belo Horizonte (Brésil), du 12 au 14 septembre 2007, pour présenter une conférence invitée intitulée « Watt balance experiments: towards an improved SI » ;
- à Belgrade (Serbie), les 18 et 19 octobre 2007, pour participer à la réunion du Comité technique sur l'électromagnétisme de l'EURAMET ;
- à Sydney (Australie), les 29 et 30 octobre 2007, pour participer à la réunion du Comité technique sur l'électromagnétisme de l'APMP et pour visiter le NMIA, le 31 octobre, pour des discussions au sujet de la collaboration sur le condensateur calculable ;
- au LNE, Trappes (France), le 7 décembre 2007, pour une comparaison sur site d'étalons de Josephson ;
- au LNE, Saint-Denis (France), le 7 avril 2008, pour participer au séminaire sur les nouvelles déterminations de la constante de Boltzmann ;
- au NPL, Teddington (Royaume-Uni), les 17 et 18 avril 2008, pour participer à la réunion du Comité technique sur la photométrie et la radiométrie de l'EURAMET.

S. Solve s'est rendu :

- au LNE, Trappes (France), du 6 au 12 décembre 2007, pour une comparaison sur site d'étalons de Josephson ; du 13 au 19 décembre 2007, pour étudier les limites de fonctionnement d'un réseau de Josephson SINIS programmable de 10 V dans la situation d'une comparaison de Josephson sur site ; du 4 au 6 février 2008, pour faire des expériences sur l'exactitude et la stabilité en fréquence de la source radiofréquence de Josephson ;



- au KRIS, Daejeon (République de Corée), du 20 février au 3 mars 2008, pour effectuer une comparaison de Josephson sur site ;
- chez Hypres Inc., Elmsford (États-Unis), du 14 au 19 avril 2008, pour choisir sur place une nouvelle puce étalon de tension de Josephson de 10 V au moyen de l'instrument de tension étalon de Josephson transportable du BIPM.

N. Fletcher s'est rendu aux Houches (France), du 1<sup>er</sup> au 12 octobre 2007, pour participer à l'école internationale « Quantum Metrology and Fundamental Constants », et présenter un poster sur le condensateur calculable du BIPM.

#### **4.7 Activités en liaison avec des organisations extérieures**

M. Stock est membre du Comité exécutif de la CPEM et a fait partie du Comité scientifique de la Conférence VII Semetro à Belo Horizonte (Brésil).

N. Fletcher est membre du Comité du programme de la CPEM.

#### **4.8 Activités liées au travail des Comités consultatifs**

M. Stock est secrétaire exécutif du CCEM et du CCPR et membre de droit de tous les groupes de travail du CCPR.

R. Goebel organise l'examen des rapports des comparaisons et des protocoles dans le cadre du Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés.

N. Fletcher est secrétaire du Groupe de travail 1 du JCGM sur le GUM par intérim, pendant le congé de maternité de C. Michotte.

#### **4.9 Visiteurs de la section d'électricité**

- M. B. Kibble (NPL, PTB), le 25 octobre 2007, pour discuter des mesures d'impédance en courant alternatif.
- M. M. Kühne (PTB), le 22 janvier 2008.
- M. Ch. Daussy (LPL), le 20 février 2008.
- Une délégation de l'AQSIQ (Chine), le 4 mars 2008.
- M. S. Benz (NIST, Boulder), le 8 mars 2008, pour discuter d'une future collaboration sur les étalons de tension de Josephson.
- Mme S. Djordjevic (LNE), du 10 au 14 mars 2008, pour une discussion au sujet de la soumission d'un article commun.

- Une délégation du Pérou, le 18 avril 2008.
- Les participants à la conférence IAS, le 6 mai 2008.
- M. J. Boháček (Université technique de Prague), le 7 mai 2008.
- M. M. Botello, directeur de l'IBMETRO (Bolivie), le 16 mai 2008.
- M. R. Fertell (NCSLI), le 23 mai 2008.

## 5 RAYONNEMENTS IONISANTS (P.J. ALLISY-ROBERTS)

### 5.1 Rayons x et $\gamma$ (P.J. Allisy-Roberts, D.T. Burns, C. Kessler, S. Picard et P. Roger)

#### 5.1.1 Étalons et équipements pour la dosimétrie

Suite à la décision prise par le CCRI en mai 2007, une nouvelle valeur du taux de kerma dans l'air dans le champ de référence du rayonnement gamma du  $^{60}\text{Co}$  a été adoptée le 1<sup>er</sup> novembre 2007. La nouvelle valeur inclut les facteurs de correction calculés au moyen de la méthode de Monte Carlo (publiés l'an dernier) et les résultats de la détermination du volume de la cavité au moyen d'une chambre à volume variable (publiés cette année dans *Physics in Medicine and Biology*), mais aussi une nouvelle évaluation de la correction pour la recombinaison des ions. Cette correction a été mesurée en appliquant des tensions plus élevées à deux des étalons de référence du BIPM ainsi qu'à trois configurations de la chambre à volume variable. La réévaluation de l'étalon du BIPM a été publiée dans *Metrologia*. Parallèlement à l'adoption du nouvel étalon, l'activité plus élevée de la source de  $^{60}\text{Co}$  (CIS-Bio) a été adoptée comme champ de référence.

Le premier étalon à cavité de la nouvelle série d'étalons, de conception similaire à l'étalon actuel, a été construit et utilisé pour déterminer le taux de kerma dans l'air dans le faisceau de  $^{60}\text{Co}$ . Le volume de la chambre a été mesuré au moyen d'une machine à mesurer les coordonnées tri-dimensionnelles. Après application des facteurs de correction mesurés (pour la recombinaison des ions, la dispersion par la tige et l'orientation) et de ceux calculés au moyen de la méthode de Monte Carlo, la détermination du kerma

dans l'air est en accord avec celle obtenue au moyen de la chambre à volume variable au niveau de  $2 \times 10^{-4}$  en valeur relative.

L'étalonnage dans le champ de référence du  $^{60}\text{Co}$  du BIPM de deux étalons secondaires de l'ININ (Mexique), dont le laboratoire est situé à une altitude de 3000 m, a motivé une étude de l'effet d'une baisse de la pression de l'air ambiant sur la réponse de quatre types de chambres à ionisation. On n'a pas observé de dépendance pour la réponse des deux chambres à parois d'air équivalentes, une fois normalisée à la pression normale, alors que celle des deux chambres à paroi en graphite diminuait lorsque la pression de l'air était progressivement réduite jusqu'à 60 kPa, dans un cas de  $2 \times 10^{-3}$  en valeur relative au total. Les résultats de cette étude ont des implications pour tous les étalons à paroi en graphite et on prévoit de continuer ces travaux.

La composante de dispersion due au support d'ouverture pour l'étalon à rayons x aux énergies moyennes a été à nouveau mesurée cette année, confirmant les mesures originales, et les résultats ont été discutés lors de la réunion du groupe de travail sur les comparaisons clés de la Section I du CCRI. Le groupe recommandait d'approuver dès que possible ce changement à l'étalon et d'établir un échancier pour la publication des corrections d'ouverture (pour la transmission, la dispersion et pour la fluorescence) avant la réunion du CCRI en mai 2009. Un projet d'article a été préparé pour soumission à *Physics in Medicine and Biology*.

La construction du calorimètre en graphite est maintenant terminée. Les premières mesures ont été faites dans le faisceau de référence du  $^{60}\text{Co}$  ; elles ont montré que la conception nouvelle, destinée à produire une distribution homogène de la température, fonctionne bien en pratique. Le taux de dose absorbée de référence de 0,5 Gy par minute produit une élévation de la température de 0,7 mK par minute. Aucun bruit électrique supplémentaire n'a été observé lors de l'irradiation dans le  $^{60}\text{Co}$ . Le rapport signal sur bruit indique qu'une incertitude statistique de 1 ou  $2 \times 10^{-3}$  en valeur relative serait possible. Des améliorations possibles ont été identifiées, y compris un nouveau support mécanique, destiné à réduire les pertes de chaleur. Ces modifications ont maintenant été effectuées et le taux de dose absorbée dans le graphite obtenu au moyen du calorimètre sera à nouveau mesuré prochainement.

La chambre d'ionisation de transfert qui sert de fondement à la conversion de la dose absorbée du graphite à l'eau a été construite et est actuellement soumise à des essais. Cette chambre à plaques parallèles, de conception très similaire à celle des étalons ionométriques du BIPM, s'insère directement dans le fantôme du calorimètre en graphite pour remplacer le cœur, et dans

une enveloppe étanche à utiliser dans un fantôme d'eau. Des modèles détaillés de ces arrangements expérimentaux sont en préparation pour les calculs de Monte Carlo ; ceux-ci commenceront prochainement.

Le travail sur l'équipement du BIPM pour la mammographie progresse bien. Un tube à rayons x à cible en molybdène a été installé dans le laboratoire des rayons x aux basses énergies. Des mesures radiographiques ont été faites de la taille et de la forme du champ et un nouveau collimateur à tungstène a été conçu et usiné afin d'obtenir le champ désiré. Les mesures de radioprotection ont montré qu'il était nécessaire d'ajouter du plomb autour de la tête du tube à rayons x afin de réduire les fuites de rayonnement à un niveau négligeable. Des mesures supplémentaires effectuées avec le nouvel étalon primaire pour la mammographie ont été faites afin d'identifier la cause de la différence avec l'étalon actuel aux basses énergies. Les effets de l'interstice d'air entourant la plaque du collecteur, les matériaux utilisés, la détermination du volume et l'homogénéité du champ électrique ont été étudiés, mais la différence n'a pas encore été résolue, aussi l'étude se poursuit-elle.

Les mesures primaires et les étalonnages des chambres de référence continuent dans tous les faisceaux de référence pour les rayons x et le rayonnement  $\gamma$ , y compris pour les qualités de rayonnements pour la mammographie. Les comparaisons et les étalonnages sont étayés par un effort significatif consacré à l'étalonnage et à la maintenance des équipements, comme l'exige le Système Qualité du BIPM.

### 5.1.2 Comparaisons de dosimétrie

Trois comparaisons avec le NPL (Royaume-Uni) ont été effectuées en septembre 2007 pour le kerma dans l'air, la dose absorbée dans l'eau et pour l'équivalent de dose ambiant dans les faisceaux de rayonnement gamma. Les projets de rapports ont été préparés.

Les rapports de précédentes comparaisons de rayons x ont été publiés dans *Metrologia Technical Supplement* pour le BEV (Autriche), le LNE-LNHB (France) et pour le NIM (Chine), et un projet de rapport sur la comparaison de rayons x a été envoyé au NMi (Pays-Bas). Les rapports des comparaisons de rayons x avec l'ARPANSA (Australie), le NPL (Royaume-Uni) et le NRC (Canada) sont en préparation.

Un résumé des résultats de la comparaison clé BIPM.RI(I)-K1 de kerma dans l'air dans le rayonnement gamma du  $^{60}\text{Co}$  a aussi été publié dans *Metrologia Technical Supplement*. Un certain nombre de rapports de comparaisons

réalisées ensuite avec le BARC (Inde), le GUM (Pologne), l'ITN (Portugal) et le NIM (Chine) sont encore en discussion.

Les quatre chambres de transfert pour la comparaison clé du CCRI de dose absorbée aux hautes énergies continuent à être mesurées périodiquement dans le faisceau de  $^{60}\text{Co}$  du BIPM. Une de ces chambres sera utilisée, ainsi qu'une chambre d'ionisation de type puits, dans la prochaine comparaison du CCRI de dosimétrie en curiethérapie avec des sources de  $^{192}\text{Ir}$  dont le BIPM sera le laboratoire pilote.

### 5.1.3 Étalonnage d'étalons nationaux pour la dosimétrie

L'examen des procédures d'étalonnage et l'audit interne des services d'étalonnage se sont achevés en septembre 2007. Il n'a pas été relevé de non-conformité. Le rapport sur les conditions de mesure utilisées pour l'étalonnage des chambres d'ionisation au BIPM a été actualisé et publié en novembre 2007.

Six séries d'étalonnages d'étalons nationaux ont été effectuées pour les rayons x aux moyennes énergies pour le HIRCL (Grèce), le LNMRI (Brésil), le NMISA (Afrique du Sud) et le SSI (Suède). Deux autres séries d'étalonnages ont été effectuées pour les rayons x aux basses énergies pour le SSI (Suède).

Vingt étalonnages d'étalons nationaux ont été effectués dans les faisceaux de rayonnement  $\gamma$  du BIPM pour le kerma dans l'air et la dose absorbée dans l'eau, à la demande du HIRCL (Grèce), du LNMRI (Brésil), du NMISA (Afrique du Sud) et du SSI (Suède).

Le programme de vérification pour la dosimétrie de l'AIEA et de l'OMS continue à être étayé par des irradiations de référence dans le faisceau de  $^{60}\text{Co}$ .

## 5.2 Radionucléides (P.J. Allisy-Roberts, S. Courte, D. Kryeziu\*, C. Michotte\*\*, M. Nonis et G. Ratel)

### 5.2.1 Système international de référence (SIR) pour la mesure d'activité de radionucléides émetteurs de rayonnement gamma

En 2007, le BIPM a reçu onze ampoules contenant huit radionucléides différents appartenant à cinq laboratoires : deux ampoules du BEV (l'une

---

\* En détachement de l'université de Tirana (Albanie) depuis avril 2008.

\*\* En congé de maternité à dater de mars 2008.

contenant du  $^{60}\text{Co}$  et l'autre du  $^{131}\text{I}$ ), six ampoules du LNE-LNHB (l'une contenant du  $^{57}\text{Co}$ , deux du  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ , deux du  $^{124}\text{Sb}$  et une du  $^{222}\text{Rn}$ ), une ampoule du NIST contenant du  $^{60}\text{Co}$ , une ampoule du NMISA contenant du  $^{22}\text{Na}$  et une ampoule du VNIIM contenant du  $^{137}\text{Cs}$ .

Toutes les ampoules soumises l'ont été afin de générer des valeurs d'équivalence pour les comparaisons clés. Un radionucléide, le  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ , a été mesuré de manière absolue par le même laboratoire au moyen de deux méthodes différentes, mais une seule des valeurs a été utilisée afin de générer une valeur d'équivalence. Avec les nouvelles mesures enregistrées pour 2007, le nombre total d'ampoules mesurées depuis les débuts du SIR en 1976, est maintenant de 905, ce qui correspond à 662 résultats indépendants pour 63 radionucléides différents.

Les résultats de cinq mesures récentes ont été enregistrés dans le fichier maître du SIR, pour quatre radionucléides différents :  $^{22}\text{Na}$  (NMISA),  $^{60}\text{Co}$  (BEV et NIST),  $^{131}\text{I}$  (BEV),  $^{137}\text{Cs}$  (VNIIM). Les rapports actualisés de trois comparaisons ont été publiés en 2007 pour le  $^{134}\text{Cs}$ , le  $^{237}\text{Np}$  et le  $^{241}\text{Am}$ , avec des liens aux comparaisons clés correspondantes des organisations régionales de métrologie. Cinq autres rapports actualisés ont été publiés depuis le début de 2008.

Tous les résultats antérieurs à 2006 ont été publiés dans *Metrologia Technical Supplement*. Parmi ceux soumis depuis 2006, 27 % ont été publiés, 46 % en sont au stade du projet A de rapport et nous attendons encore les mesures d'activité des laboratoires nationaux de métrologie pour les 27 % restants. Les résultats du SIR qui datent de plus de vingt ans sont colorés en noir dans la KCDB (134 résultats au total), et conformément à la recommandation du CCRI, vingt-quatre résultats datant de plus de trente ans ont été retirés de la KCDB, à l'occasion de l'actualisation des rapports sur ces radionucléides.

Le projet d'identifier les effets de pression des gaz sur le SIR avec les ampoules remplies de  $^{85}\text{Kr}$  préparées par le LNE-LNHB est en attente des résultats des mesures d'activité. Quand nous les aurons reçus, le BIPM pourra produire un rapport sur cet effet ; nous espérons que cela aura lieu avant la fin de la comparaison du CCRI de mesures d'activité du  $^{85}\text{Kr}$  de 2008, afin que nous puissions utiliser l'information dans l'analyse finale.

Un audit interne du SIR a été réalisé avec succès à la fin de 2007 dans le cadre du Système Qualité du BIPM. Un bon accord de l'ordre de  $10^{-4}$  a été observé au cours des deux dernières années entre la nouvelle chaîne d'acquisition de données du SIR et la chaîne originale. Les mesures sont

maintenant effectuées au moyen du nouveau système, tout en continuant à suivre la chaîne originale. Quand la vérification du nouveau système sera terminée, le Système Qualité sera actualisé.

Le BIPM est reconnaissant au NPL (Royaume-Uni) pour le don de 5000 ampoules. Ceci permettra de conserver le SIR pour un avenir prévisible.

### 5.2.2 Spectrométrie gamma

Aucune impureté significative n'a été identifiée pour les solutions de  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ ,  $^{56}\text{Mn}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  et  $^{99}\text{Mo}$  soumises au SIR en 2008 dans le spectromètre Ge(Li). L'analyse finale n'est toutefois pas terminée.

Le travail est bien en mains pour l'étalonnage du spectromètre au germanium hyper-pur. Les premières études de la chaîne de mesure sont terminées. Des calculs de Monte Carlo ont permis d'identifier la conception optimale et le type de matériau pour les deux collimateurs et pour le support de l'ampoule. L'ensemble est actuellement en construction. Les sources d'étalonnage nécessaires ont été identifiées et vont être fournies.

### 5.2.3 Extension du SIR à des radionucléides à courte durée de vie

L'instrument de transfert voyageur Na(Tl) de type puits a été envoyé au NPL (Royaume-Uni) par train pour tester sa portabilité et mesurer l'activité de  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$  sur site, afin de fournir un lien supplémentaire au SIR pour les laboratoires les plus éloignés. Le NIST a aussi fourni une ampoule de  $^{99}\text{Mo}$  afin de mesurer la réponse de l'instrument aux impuretés connues de ce radionucléide dans les solutions de  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ . On attend les résultats des mesures finales d'activité de ces deux laboratoires nationaux de métrologie pour obtenir un facteur de lien robuste, et des corrections pour les impuretés à inclure dans le protocole final pour les comparaisons futures.

### 5.2.4 Extension du SIR aux émetteurs de rayonnement bêta pur

Des progrès ont été réalisés dans le projet de mesure des émetteurs de rayonnement bêta pur dans le cadre du SIR. La méthode la plus adaptée pour l'atténuation des solutions échantillons est à l'étude au moyen de la méthode traditionnelle du CIEMAT et du NIST, d'une version modifiée de cette méthode CIEMAT/NIST, et de variantes de la méthode du rapport des coïncidences doubles aux coïncidences triples (TDCR). En parallèle, le

groupe de travail de la Section II du CCRI sur ce sujet participe activement à l'identification d'un nouveau scintillateur d'efficacité élevée et stable à long terme, auquel il est possible d'ajouter des solutions radioactives aqueuses. Bien qu'une formule chimique spécifique ait été mise au point, elle ne donne pas des résultats reproductibles quand elle est préparée dans différents laboratoires nationaux de métrologie. Le CIEMAT a généreusement envoyé un chercheur associé afin de superviser le travail au BIPM pour la production du même scintillateur, mais bien que des améliorations aient été apportées, la préparation n'est pas encore optimale. Le BIPM travaille à résoudre les différences observées.

#### 5.2.5 Améliorations au système de comptage du BIPM par la méthode du rapport des coïncidences doubles aux coïncidences triples (TDCR)

Le système de comptage du BIPM par la méthode du rapport des coïncidences doubles aux coïncidences triples est en rénovation afin d'améliorer l'efficacité de la détection, principalement au moyen d'une meilleure conception des conteneurs pour les bases du photomultiplicateur. Des bases de photomultiplicateur du commerce ont été achetées afin de remplacer celles du BIPM, car elles sont mieux appropriées à un système opaque. Les trois préamplificateurs du BIPM ont aussi été remplacés par des préamplificateurs rapides du commerce conçus pour les nouvelles bases du photomultiplicateur. La variation de l'atténuation, nécessaire pour déterminer l'activité de la substance radioactive, obtenue en variant la tension appliquée à la dynode, ne s'est pas avérée satisfaisante. Une méthode différente utilisant des filtres cylindriques gris de diverses qualités d'absorption, placés autour des fioles en verre, sera essayée.

En parallèle, un nouveau système TDCR utilisant trois petits photomultiplicateurs à haute tension intégrée, à gain élevé et à bruit faible est en construction. La chambre pour l'échantillon a été conçue afin d'éliminer le bruit dû à la lumière parasite. Le support de l'échantillon a aussi été modifié pour permettre de manipuler plus facilement les échantillons. Les trois photomultiplicateurs sont montés sur des plateformes micrométriques qui permettent de changer le niveau d'atténuation, en plus des filtres de transmission, en augmentant la distance entre la source et les détecteurs.



### 5.2.6 Mesures du $^{55}\text{Fe}$

Des recherches ont été faites sur les mesures du  $^{55}\text{Fe}$  du BIPM afin d'identifier pourquoi les valeurs de l'activité sont trop élevées. De nouveaux échantillons de  $^3\text{He}$  et de  $^{55}\text{Fe}$  atténué par rapport à la solution distribuée ont été préparés ainsi qu'un nouveau lot de scintillateurs. De plus, et pour augmenter la robustesse des mesures, un nouveau spectromètre à scintillation liquide du commerce, à faible niveau d'activité a été acheté et testé. Les résultats obtenus au moyen de ce nouvel équipement seront comparés à ceux produits pour les mêmes lots de  $^3\text{He}$  et de  $^{55}\text{Fe}$  par le spectromètre original utilisé pour les mesures de la comparaison internationale.

### 5.2.7 Comparaisons de mesures d'activité du CCRI

Le BIPM a remis des ampoules préparées par le LNE-LNHB à neuf participants à la comparaison de mesures d'activité du  $^{85}\text{Kr}$  gazeux. Les participants potentiels ont été invités à la comparaison de  $^3\text{H}$  (eau tritiée) pour laquelle le LNE-LNHB a aussi préparé les ampoules.

## 5.3 Publications, conférences et voyages : section des rayonnements ionisants

### 5.3.1 Publications extérieures

1. Allisy-Roberts P.J., Burns D.T., Kessler C., Summary of the BIPM.RI(I)-K1 comparison for air kerma in  $^{60}\text{Co}$  gamma radiation, *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 06006.
2. Allisy-Roberts P.J., Williams J., *Farr's Physics for Medical Imaging*, Saunders/Elsevier, 2008, VIII-207 p.
3. Burns D.T., Kessler C., Roger P., Air-kerma determination using a variable-volume cavity ionization chamber standard, *Phys. Med. Biol.*, 2007, **52**, 7125–7135.
4. Burns D.T., Allisy P.J., Kessler C., Re-evaluation of the BIPM international standard for air kerma in  $^{60}\text{Co}$  gamma radiation, *Metrologia*, 2007, **44**, L53–L56.
5. Burns D.T., Kessler C., Denoziere M., Ksouri W., Key comparison BIPM.RI(I)-K3 of the air-kerma standards of the LNE-LNHB, France and the BIPM in medium-energy x-rays, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 06004.

6. Burns D.T., Tiefenböck W., Witzani J., Key comparison BIPM.RI(I)-K3 of the air-kerma standards of the BEV, Austria and the BIPM in medium-energy x-rays, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 06003.
7. Burns D.T., Tian Zhongqing, Lu Yazhu, Wan Guoqing, Fan Cheng, Key comparison BIPM.RI(I)-K3 of the air-kerma standards of the NIM and the BIPM in medium-energy x-rays, *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 06008.
8. Pearce A.K., Michotte C., Hino Y., Ionization chamber efficiency curves, *Metrologia*, 2007, **44**(4), S67-S70.
9. Picard S., Burns D.T., Roger P., Determination of the specific heat capacity of a graphite sample using absolute and differential methods, *Metrologia*, 2007, **44**, 294-302.
10. Ratel G., Obituary: Wolfgang Georg Wilhelm (known to his friends as Jörg) Müller, PhD, *Appl. Radiat. Isot.*, 2008, **66**, 680-682.
11. Ratel G., Analysis of the results of the international comparison of activity measurements of a solution of  $^{55}\text{Fe}$ , *Appl. Radiat. Isot.*, 2008, **66**, 729-732.
12. Ratel G., The Système International de Référence and its application in key comparisons, *Metrologia*, 2007, **44**(4), S7-S16.
13. Ratel G., Uncertainty vade-mecum in radioactivity measurement, *Metrologia*, 2007, **44**(4), S102-S117.
14. Ratel G., Michotte C., Kryeziu D., Kossert K., Activity measurements of the radionuclide  $^{186}\text{Re}$  for the PTB, Germany in the comparison BIPM.RI(II)-K1.Re-186, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 06006.
15. Ratel G., Michotte C., Kryeziu D., Moune M., Keightley J., Johanson L., Szücs L., Csete I., Activity measurements of the radionuclide  $^{54}\text{Mn}$  for the LNE-LNHB, France, NPL, United Kingdom and the MKEH, Hungary, in the ongoing comparison BIPM.RI(II)-K1.Mn-54, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 06009.
16. Ratel G., Michotte C., Leena J., Igllicki A., Sahagia M., Hino Y., Update of the BIPM comparison BIPM.RI(II)-K1.Cs-134 of activity measurements of the radionuclide  $^{134}\text{Cs}$  to include the 2005 results of the BARC (India) and the CNEA (Argentina), the 2006 result of the IFIN-HH (Romania) and the link for the 2005 regional comparison APMP.RI(II)-K2.Cs-134 to include the VNIIM and the INER, *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 06004.

17. Ratel G., Michotte C., Moune M., Bobin C., Kossert K., Johansson L., Activity measurements of the radionuclide  $^{201}\text{Tl}$  for the LNE-LNHB, France, PTB, Germany and the NPL, UK in the ongoing comparison BIPM.RI(II)-K1.Tl-201, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 06008.
18. Ratel G., Michotte C., Sahagia M., Park T.S., Dryak P., Sochorová J., Maringer F.J., Kreuziger M., Results of the IFIN-HH (Romania), KRISS (Republic of Korea), CMI (Czech Republic) and the BEV (Austria) in the BIPM comparison BIPM.RI(II)-K1.I-131 of activity measurements of the radionuclide  $^{131}\text{I}$ , *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 06007.
19. Ratel G., Michotte C., Sahagia M., Yunoki A., Update of the BIPM comparison BIPM.RI(II)-K1.Ba-133 of activity measurements of the radionuclide  $^{133}\text{Ba}$  to include the results of the IFIN-HH (Romania) and the NMIJ (Japan), *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 06002.

### 5.3.2 Rapports BIPM

20. Allisy-Roberts P.J., Burns D.T., Kessler C., Measuring conditions used for the calibration of ionization chambers at the BIPM, *Rapport BIPM-2007/06*, 20 p.
21. Cox M.G., Michotte C., Pearce A.K., Measurement modelling of the International Reference System (SIR) for gamma-emitting radionuclides, *Monographie BIPM-7*, 2007, 48 p.

### 5.3.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites)

P.J. Allisy-Roberts s'est rendue :

- à Londres (Royaume-Uni), le 5 juillet 2007, pour présider une conférence pour statuer sur les programmes dans les domaines des rayonnements ionisants et de l'acoustique (Decision Conference for the Ionizing Radiation and Acoustics Programmes) de l'UK National Measurement System (NMS) ; le 4 octobre 2007, pour participer au comité de rédaction du *Journal of Radiological Protection* ;
- au NPL (Royaume-Uni), les 1<sup>er</sup> et 2 novembre 2007, pour une réunion des présidents du groupe de travail sur le programme au Department for Innovation, Universities and Skills Measurement Board ; du 29 janvier au 1<sup>er</sup> février 2008, avec M. Nonis, pour mener une comparaison sur site de mesures d'activité du  $^{99}\text{Tc}^m$  au moyen de l'instrument de transfert du SIR du BIPM ; le 26 février, pour présider le Groupe de travail sur

l'acoustique et les rayonnements ionisants de l'UK NMS ; le 20 mai 2008, invitée à assister à l'inauguration officielle du laboratoire du NPL ;

- au LNE (France), le 21 novembre 2007 et le 2 avril 2008, pour assister au Comité scientifique dans le domaine des rayonnements ionisants ;
- à Vienne (Autriche), du 10 au 14 mars 2008, pour présider le 13<sup>e</sup> Comité scientifique du réseau de laboratoires secondaires de dosimétrie de l'AIEA et de l'OMS ;
- à Édimbourg (Royaume-Uni), du 4 au 6 juin 2008, pour assister à la conférence sur L.H. Gray ;
- à Manchester (Royaume-Uni), le 19 juin 2008, pour présenter un séminaire sur les dernières recommandations de l'ICRP et pour participer à la réunion de mise à jour de la « Review of Public Administration ».

D.T. Burns s'est rendu à :

- Florence (Italie), du 10 au 16 octobre 2007, pour assister aux réunions de la commission principale de l'ICRU et du Comité sur les grandeurs fondamentales et les unités ;
- Saclay (France), le 4 avril 2008, pour visiter les laboratoires du LNE-LNHB en vue de la préparation d'une comparaison de calorimètres étalons ;
- Washington D.C. (États-Unis), les 12 et 13 juin 2008, pour assister à une réunion de l'ICRU Report Committee on Key Data for Measurement Standards in the Dosimetry of Ionizing Radiation.

S. Picard s'est rendue :

- à Paris (France), du 3 au 5 octobre 2007, pour participer à une formation professionnelle sur les applications du logiciel Comsol pour les éléments finis ;
- à la PTB (Allemagne), les 10 et 11 mars 2008, pour voir les équipements pour la dosimétrie et pour discuter des possibilités de collaborations et de questions concernant la calorimétrie ;
- au LNE-LNHB (France), le 4 avril 2008, pour préparer une étude pilote de dose absorbée au moyen du calorimètre du BIPM ;
- au SSI (Suède), le 13 mai 2008, pour voir les équipements pour la dosimétrie ;

- au METAS (Suisse), le 27 mai 2008, pour préparer une comparaison de dose absorbée au moyen du calorimètre du BIPM.

G. Ratel s'est rendu à :

- Paris (France), les 11 et 12 décembre 2007, pour assister aux « Sixièmes rencontres des personnes compétentes en radioprotection » afin d'actualiser sa certification de personne compétente en radioprotection ;
- Bratislava (Slovaquie), du 9 au 12 mai 2008, pour assister au comité exécutif de l'ICRM ;
- Paris (France), le 22 mai 2008, pour assister à une réunion sur l'évaluation des incertitudes de mesure ;
- Davos (Suisse), du 26 au 30 mai 2008, pour assister à la conférence « LSC 2008 Advances in Liquid Scintillation Spectrometry » ;
- Paris (France), du 23 au 25 juin 2008, pour assister à la 8<sup>e</sup> Conférence internationale AMCTM « Conference on advanced mathematical and computational tools in metrology and testing ».

#### 5.4 Activités en liaison avec des organisations extérieures

P.J. Allisy-Roberts préside le Groupe de travail commun de l'UK National Measurement System Programme for Ionizing Radiation and Acoustics et l'UK Ionising Radiation Health and Safety Forum. Elle représente le BIPM au comité scientifique des laboratoires secondaires de dosimétrie de l'AIEA et est membre du Comité scientifique « rayonnements ionisants » (LNE, France). Elle est aussi membre du comité de rédaction du *Journal of Radiological Protection* et du comité éditorial de la *Revue française de métrologie*, ainsi que conseiller de *Physics in Medicine and Biology*, de *Medical Physics* et du *British Journal of Radiology*.

D.T. Burns représente le BIPM aux réunions de l'ICRU ; il est membre du comité de l'ICRU sur les unités et grandeurs fondamentales (qui prépare actuellement une révision du Rapport 60 de l'ICRU) et de l'ICRU Report Committee on Key Data for Dosimetry. Il est la personne à contacter au BIPM pour les rayonnements ionisants et la radioactivité au sein de l'EURAMET et consultant à l'AIEA. Il est conseiller de *Physics in Medicine and Biology* et de *Medical Physics*.

G. Ratel représente le BIPM à l'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM), dont il est un des vice-présidents. Il a été membre du jury d'examen pour l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches à l'université d'Orsay (France) présenté par un collègue d'un laboratoire

national de métrologie. Il est aussi conseiller de *Metrologia*, d'*Applied Radiation and Isotopes* et de *Nuclear Instruments and Methods*.

### 5.5 Activités liées au travail des Comités consultatifs

P.J. Allisy-Roberts est secrétaire exécutive du CCRI et de ses trois Sections. Elle est aussi secrétaire exécutive du CCAUV. Elle a participé au Groupe de travail du CCRI sur les organisations régionales de métrologie, qui s'est réuni en novembre 2007. Cette année a été publiée la *Monographie BIPM 7*, en soutien au travail de la Section II du CCRI.

Elle est membre, avec D.T. Burns, des groupes de travail de la Section I du CCRI sur les comparaisons clés, sur la dosimétrie des accélérateurs et sur les étalons en curiethérapie. Les groupes de travail de la Section I du CCRI sur les comparaisons clés et sur les étalons en curiethérapie se sont réunis en avril 2008. P.J. Allisy et D.T. Burns ont contribué au numéro spécial de *Metrologia* sur la dosimétrie des rayonnements, comme auteurs principaux (articles sur les chambres à paroi d'air et aspects internationaux), comme co-auteurs (sur les étalons à cavité) et comme conseillers.

C. Michotte coordonne le Groupe de travail de la Section II du CCRI sur l'instrument de transfert du SIR. Elle est la personne à contacter au BIPM et le rapporteur du Groupe de travail I du Comité commun pour les guides en métrologie, qui s'est réuni en novembre 2007 et en mai 2008 (elle a alors été remplacée par N. Fletcher).

G. Ratel est membre des groupes de travail de la Section II du CCRI sur l'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement bêta, sur les comparaisons clés (avec P.J. Allisy-Roberts et C. Michotte), sur les incertitudes de mesure et sur la réalisation du becquerel, dont il est le rapporteur. Trois de ces réunions ont eu lieu au BIPM en décembre 2007.

### 5.6 Visiteurs de la section des rayonnements ionisants

- M. P. Cassette (LNE-LNHB), le 16 juillet 2007.
- M. T. Cabral (LNMRI-IRD), du 19 au 23 novembre 2007.
- M. H. Schrader (PTB), le 6 décembre 2007.
- M. J.T. Alvarez (ININ), du 4 au 8 février 2008.
- M. C. Iacobaeus (SSI), le 7 février 2008.
- M. G. Stucki (METAS), le 12 avril 2008.

## 5.7 Chercheurs invités et stagiaires

- MM. M. Kelly et J. Manning (NPL), du 10 au 12 septembre 2007.
- Mme L. Rodriguez (CIEMAT), du 8 au 19 octobre 2007.

## 6 CHIMIE (R.I. WIELGOSZ)

### 6.1 Programme sur la métrologie des gaz (E. Flores, P. Moussay, J. Viallon et R.I. Wielgosz)

#### 6.1.1 Programme de comparaisons de photomètres mesureurs d'ozone (P. Moussay et J. Viallon)

Le premier cycle de deux ans du programme de la comparaison clé en continu BIPM.QM-K1 – Ozone au niveau ambiant – a été lancé en janvier 2007, par une comparaison avec le NIST (États-Unis). Depuis juillet 2007, six laboratoires ont apporté leur étalon national mesureur d'ozone au BIPM pour une comparaison directe au photomètre étalon de référence du BIPM BIPM-SRP27 : le CHMI (République tchèque) et l'INRiM (Italie) en septembre 2007 ; le FMI (Finlande) et le KRISS (République de Corée) en octobre 2007 ; le LNE (France) en avril 2008 et le NPL (Royaume-Uni) en mai 2008. De plus, deux laboratoires ont envoyé un étalon de transfert au BIPM : le GUM (Pologne), en septembre 2007 et le VNIIM (Fédération de Russie), en novembre 2007.

Toutes les comparaisons se sont terminées avec succès. Le rapport de la comparaison avec le CHMI a été publié dans *Metrologia Technical Supplement* en avril 2008. Les rapports des comparaisons avec le NIST et avec le VNIIM sont pratiquement prêts. Les rapports des comparaisons avec le LNE et avec l'ISCIH (Espagne), comparaison qui a eu lieu en juin 2007, en sont au projet A.

De plus, l'UBA (Allemagne) et le NIM (Chine) ont effectué une comparaison de leurs étalons nationaux mesureurs d'ozone avec l'étalon du NIST dans leurs laboratoires en mars 2007 et en mars 2008, respectivement, et ils ont demandé de faire un lien à la comparaison clé BIPM.QM-K1. Les premiers projets de rapports sont en cours ; ils seront discutés pendant la

réunion du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz en novembre 2008.

Pendant toutes les comparaisons bilatérales au BIPM effectuées dans le cadre de la comparaison clé BIPM.QM-K1, au moins un autre photomètre étalon de référence (BIPM-SRP28) et si possible un troisième (BIPM-SRP31) ont aussi été comparés avec le photomètre étalon de référence BIPM-SRP27 afin de surveiller sa stabilité. En avril 2008, un petit changement a été observé en ce qui concerne l'accord entre SRP28 et SRP27. Bien que ce décalage soit couvert par les incertitudes de mesure composées, des actions correctives ont été prises. Les filtres UV de SRP27 ont été remplacés par de nouveaux filtres. L'accord observé en novembre 2007 avec SRP28 a été retrouvé. Le changement de valeur de SRP27 a été attribué à une dégradation visible du filtre UV, notamment dans la cellule à gaz soumise à la plus forte intensité lumineuse dans l'ultraviolet, qui a affecté la réflectivité des filtres et la longueur du chemin optique. Cet effet a été corrigé par l'introduction de nouveaux filtres UV dans SRP27.

#### *Mise à niveau des photomètres étalons de référence du NIST*

Depuis l'installation d'un kit de mise à niveau des photomètres étalons de référence dans BIPM-SRP32 en janvier 2007 par J. Norris (NIST) et P. Moussay, le BIPM a été capable d'installer des kits de mise à niveau pour les participants à la comparaison clé BIPM.QM-K1 qui maintiennent un photomètre étalon de référence du NIST comme étalon national et qui demandent ce service. Un kit a été installé dans l'instrument du FMI (SRP37) pendant la comparaison en octobre 2007, ainsi que dans celui du NPL (SRP20) pendant la comparaison en mai 2008. Les deux mises à niveau se sont bien passées. L'effet de la mise à niveau sur l'accord entre l'étalon de référence de la comparaison clé, BIPM-SRP27, et les étalons nationaux des laboratoires sera décrit dans les rapports respectifs des comparaisons clés. Un rapport résumant toutes les mises à niveau effectuées par le NIST et par le BIPM est aussi en préparation.

#### *Mise au point d'un photomètre étalon de référence équipé d'un laser*

Le programme de mise au point d'un candidat photomètre primaire mesureur d'ozone équipé d'un laser comme source de lumière se poursuit, principalement pour réduire le niveau de bruit du système. Après les progrès réalisés en février 2007 pour réduire les variations de la température du système de refroidissement à l'eau du laser à argon, une autre source d'instabilité de l'intensité du laser subsiste. L'analyse du spectre du signal détecté par les photodiodes n'a pas aidé à identifier la cause de cette



instabilité. Récemment, une corrélation forte entre la variation de l'intensité du laser et celle de la tension d'entrée du laser a été observée. Des systèmes servant à stabiliser la tension d'entrée sont actuellement à l'essai.

En parallèle, des progrès ont été faits en ce qui concerne le remplacement du cristal doubleur de fréquence, inclus dans la tête du laser à argon, pour passer de la longueur d'onde initiale de 257,4 nm à la longueur d'onde plus courte de 244 nm en novembre 2007. De même qu'à la fréquence de 257,4 nm, le photomètre étalon de référence équipé d'un laser fonctionnant à la longueur d'onde plus courte a permis de mesurer avec succès des fractions molaires d'ozone dans l'air sec à 5 % près de celles du photomètre étalon de référence équipé d'une lampe. Ce résultat démontre la faisabilité des mesures prévues à trois longueurs d'onde différentes dans la région de l'ultraviolet avec le laser à argon.

#### 6.1.2 Équipement pour les étalons primaires de dioxyde d'azote

L'équipement pour le dioxyde d'azote a été mis à niveau en incorporant un contrôleur de pression électronique juste en aval de la chambre à perméation, afin d'éviter efficacement les perturbations des mesures de masse induites par des changements du débit de dilution. Le générateur d'azote alimentant l'équipement pour le dioxyde d'azote a été amélioré par l'adjonction d'un réacteur à méthane et, en plus de notre analyseur infrarouge à transformée de Fourier, un nouvel analyseur de dioxyde d'azote fondé sur l'absorption dans l'ultraviolet a été étudié : les premiers résultats sont prometteurs. D'autres recherches sur cette technique de mesure seront effectuées pendant le second semestre. Une vérification approfondie des fuites dans le système a été effectuée, et la validité de l'étalonnage du système de mesure de flux de l'équipement a été confirmée par comparaison à des instruments de même qualité étalonnés récemment.

Un système de dilution de gaz est en cours de mise au point. Il permettra de générer des mélanges à faible concentration à partir d'étalons de dioxyde d'azote stables à haute concentration, et il fournira un autre moyen indépendant de tester l'équipement de perméation du dioxyde d'azote.

La troisième étude de validation de l'équipement pour le dioxyde d'azote est terminée. Elle était fondée sur la comparaison de cinq étalons primaires de dioxyde d'azote à des mélanges de gaz produits dynamiquement par l'équipement pour le dioxyde d'azote avant et après le démantèlement, le rassemblement et les mises à niveau mentionnées précédemment.

En avril 2008, le protocole d'une étude pilote coordonnée par le BIPM (CCQM-P110 – dioxyde d'azote à 10  $\mu\text{mol/mol}$ ) a été présenté pendant la réunion du Groupe de travail sur l'analyse des gaz qui s'est tenue au BIPM. Les objectifs de cette étude pilote sont de comparer les aptitudes de mesure des laboratoires nationaux de métrologie qui déterminent des fractions molaires de dioxyde d'azote par des techniques conventionnelles et par des méthodes de spectroscopie optique nouvellement mises au point pour ces mesures.

#### *Mise au point des équipements fondés sur la spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier*

Le programme destiné à utiliser la spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier (FTIR) comme méthode analytique exacte pour la métrologie des gaz s'est poursuivi pendant les années 2007-2008. Le logiciel d'acquisition des données IMACC installé en juin 2007 est maintenant régulièrement utilisé pour quantifier en temps réel les concentrations de molécules étudiées et analyser la pureté des gaz. L'échange de données avec le programme de contrôle principal de l'équipement pour le dioxyde d'azote a été rendu possible, ce qui a permis l'acquisition en ligne des résultats obtenus par spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier.

Des progrès considérables ont aussi été faits pour quantifier les molécules détectées par spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier. Une bibliothèque de spectres synthétiques complète a été générée au moyen des logiciels MALT et E-Trans. La bibliothèque de spectres synthétiques est utilisée pour minimiser les effets de non linéarité produits par le détecteur FTIR. La concentration en humidité ambiante dans le système FTIR a été réduite en améliorant l'enceinte du système, grâce au remplacement des parois non métalliques par des parois en acier inoxydable. Au début de cette année, le système de mesure de la température de la cellule à gaz du spectromètre FTIR a été amélioré par l'installation d'une nouvelle sonde de température positionnée directement dans la cellule.

#### 6.1.3 Équipement pour les comparaisons d'étalons de monoxyde d'azote (P. Moussay et R.I. Wielgosz)

Le rapport final de l'étude pilote CCQM-P73 coordonnée par le BIPM, qui s'est déroulée entre août 2006 et octobre 2007, a été publié dans *Metrologia Technical Supplement*. Une nouvelle série d'étalons de monoxyde d'azote préparés par gravimétrie, dans le domaine compris entre 30  $\mu\text{mol/mol}$  et 70  $\mu\text{mol/mol}$ , produits par deux laboratoires nationaux de métrologie, a été

achetée, et les mesures ont débuté, afin de trouver une explication à la variation entre les étalons de gaz observée dans l'étude pilote CCQM-P73.

## 6.2 Programme d'analyse organique (A. Daireaux, R. Josephs, S. Westwood et R.I. Wielgosz)

Le programme d'analyse organique de la section de chimie coordonne les comparaisons du CCQM pour l'évaluation de la pureté de composés organiques, utilisés comme calibrateurs primaires. Les équipements installés au BIPM sont utilisés pour la manipulation, la préparation, la détermination des caractéristiques et le stockage des matériaux d'étude du CCQM. Les aptitudes d'analyse dans le cadre de ce programme ont été améliorées en 2007/2008 par l'acquisition d'une source à photo-ionisation destinée à être utilisée avec le système actuel QTrap de spectrométrie de masse avec chromatographie liquide couplée à un spectromètre de masse, avec un système indépendant Agilent à résolution rapide de chromatographie liquide à ultraviolet, et avec une balance dynamique de sorption de vapeur. Si nécessaire, le programme du BIPM est soutenu par des collaborations externes avec des laboratoires nationaux de métrologie et par l'envoi de personnels détachés, ainsi que par des contrats passés avec des prestataires de services d'analyse spécialisés tels que la micro-analyse élémentaire, l'analyse granulométrique des particules et la spectroscopie nucléaire par résonance magnétique.

### 6.2.1 Mise au point des méthodes

La mise au point des méthodes analytiques et de validation, nécessaires pour la production et la détermination des caractéristiques du glucoside cardiaque pour l'étude pilote CCQM-P20.f, sont terminées. Le point central était l'identification et la quantification du principal composant, la digoxine, et des impuretés du glucoside cardiaque de structure connexe, ainsi que des aglycones correspondants. La portée des activités de mise au point de la méthode et de validation a été élargie afin d'incorporer la comparaison clé CCQM-K55.a sur les hormones stéroïdes pures, qui est prévue. Pour la comparaison clé CCQM-K55.a, les méthodes de détermination du  $\beta$ -estradiol et d'une variété d'hormones stéroïdes de structures connexes ont été élaborées. Les procédures mises au point au cours de l'année passée comprennent :

- La chromatographie liquide par ultraviolet, méthode clé pour identifier et quantifier, par étalonnage externe, la digoxine et les composés

connexes du matériau pour l'étude pilote CCQM-P20.f. Une approche équivalente est élaborée pour la détermination du  $\beta$ -estradiol et de composés connexes pour les vérifications d'homogénéité et de stabilité du matériau candidat pour la comparaison clé CCQM-K55.

- Les méthodes de chromatographie liquide avec spectroscopie de masse assurant à la fois une identification qualitative et la quantification d'une sélection de glucosides cardiaques et d'hormones stéroïdes pour la détermination des caractéristiques des matériaux candidats et pour les comparaisons finales.

La méthode de chromatographie liquide avec spectroscopie de masse a été comparée à des méthodes de chromatographie liquide par ultraviolet et elle a été choisie pour vérifier l'homogénéité des impuretés inhérentes au matériau de digoxine.

- La chromatographie en phase gazeuse avec spectroscopie de masse pour la détermination des impuretés organiques volatiles dans les matériaux pour l'étude pilote CCQM-P20.f et pour la comparaison clé CCQM-K55.
- Le titrage de Karl Fischer utilisant un four chaud afin de déterminer de faibles niveaux d'humidité dans les matériaux pour l'étude pilote CCQM-P20.f et pour la comparaison clé CCQM-K55.
- Les techniques calorimétriques (analyse thermogravimétrique combinée à un calorimètre différentiel à balayage) comme méthodes de soutien pour l'évaluation des fractions molaires des matériaux de grande pureté et des impuretés totales volatiles.
- Les protocoles pour la préparation, les essais de stabilité et l'évaluation de l'homogénéité de matériaux de glycoside cardiaque et d'hormones stéroïdes contenant de faibles niveaux d'impuretés de structures proches.
- Des études d'absorption dynamique de vapeur ont aussi été entreprises sur des matériaux afin d'évaluer leur potentiel à adsorber l'humidité atmosphérique pendant le transport et la conservation.

### 6.2.2 Coordination de l'étude pilote CCQM-P20 et mise au point de la comparaison clé CCQM-K55

L'évaluation de l'homogénéité et de la stabilité des matériaux de digoxine candidats pour l'étude pilote CCQM-P20.f, la deuxième comparaison du CCQM coordonnée par le BIPM, s'est achevée au second semestre de 2007. Un échantillon d'au moins 500 mg du matériau étudié (digoxine purifiée) a

été envoyé dans des conditions contrôlées à chacun des douze laboratoires participants, dont le BIPM. Il était demandé aux participants d'assigner une valeur de la fraction massique et l'incertitude correspondante, de la digoxine contenue dans chaque échantillon et, si possible, de fournir des estimations de la fraction massique de toutes les impuretés majeures. Les résultats initiaux et un projet de résumé de l'étude pilote ont été envoyés aux participants ; ils ont été discutés à la réunion du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique en avril 2008.

Compte tenu de la complexité de la structure moléculaire de la digoxine et du nombre relativement élevé d'impuretés qu'elle contient, les estimations des fractions massiques des participants sont en bon accord, à la fois pour les impuretés de structure proches et pour la teneur en eau des échantillons étudiés. Il y a cependant des signes manifestes de présence d'un niveau significatif de solvant organique résiduel dans le matériau. Ceci a entraîné une différence entre les résultats globaux du petit nombre de participants (dont le BIPM) qui ont identifié et quantifié les niveaux de solvant résiduel et ceux des autres participants, plus nombreux, qui ne l'ont pas fait.

La première étape de la comparaison clé d'évaluation de la pureté organique, CCQM-K55.a, sera coordonnée par le BIPM. Le stéroïde  $17\beta$ -estradiol sera le principal composant du matériau étudié. Le matériau candidat a été préparé et fourni au BIPM par des collègues de la division de chimie analytique organique du NMIJ (Japon). La mise au point de la méthode d'analyse servant à déterminer les caractéristiques du matériau et à évaluer son homogénéité et sa stabilité a débuté au BIPM en 2007. Les mesures de l'homogénéité et de la stabilité isochrone du matériau candidat sont en cours et devraient s'achever au troisième trimestre de 2008. La distribution du matériau d'étude aux laboratoires participants, sous forme d'une fiole contenant 300 mg de  $17\beta$ -estradiol, est proposée pour la fin de 2008, la discussion initiale des résultats étant prévue pour la session d'avril 2009 du CCQM.

Dans le cadre du programme de futures comparaisons clés, le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique a identifié l'évaluation de la pureté comme une aptitude technique fondamentale. Le Groupe de travail a recommandé que la participation à la comparaison clé CCQM-K55 soit obligatoire pour tous les laboratoires nationaux de métrologie qui ont des activités ou qui déclarent des CMCs dans le domaine de l'analyse organique.

### 6.3 Activités liées au JCTLM (S. Maniguet et R.I. Wielgosz)

R.I. Wielgosz est secrétaire exécutif du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire, le JCTLM, et membre de son groupe d'examen « Quality Systems and Implementation » ; S. Maniguet coordonne la base de données du JCTLM.

Un symposium intitulé « Activities and Challenges for Traceability and Standardization in Laboratory Medicine » a été organisé par R.I. Wielgosz à Beijing en octobre 2007, en collaboration avec des collègues du NIM et du NIST, suivi d'une réunion des groupes de travail du JCTLM.

La sixième réunion du Comité exécutif du JCTLM s'est tenue au BIPM en décembre 2007 ; on s'est mis d'accord sur le calendrier pour l'approbation des propositions de matériaux de référence de rang hiérarchique supérieur et de procédures de mesure de référence pour le Cycle IV, ainsi que des propositions de services de mesure de référence des laboratoires pour le Cycle II. La réunion du Comité exécutif a été précédée d'une réunion du sous-groupe de travail *ad hoc* « Laboratory Networks, Accreditation and Quality Systems » du Groupe de travail 2 du JCTLM.

Les procédures concernant le fonctionnement du secrétariat du JCTLM, élaborées en collaboration avec M. C. Jackson (coordonnateur de l'équipe d'examen des Manuels Qualité du Groupe de travail 1 du JCTLM), ont été présentées au Comité exécutif du JCTLM pour approbation.

La mise au point du programme d'extension du système de gestion interne et d'interface externe de la base de données interrogeable sur l'internet s'est terminée en octobre 2007. Le site Web de la base de données du JCTLM consultable à l'adresse <http://www.bipm.org/jctlm/> a été modifié afin d'ajouter les services de mesure de référence des laboratoires aux catégories de recherche.

Le nombre total de connexions externes au site Web de la base de données du JCTLM a augmenté entre juillet 2007 et mai 2008. En mai 2008, il était d'environ 1300 par mois.

### 6.4 Activités liées au travail des Comités consultatifs

R.I. Wielgosz est secrétaire exécutif du CCQM.

J. Viallon est membre des groupes de travail du CCQM sur l'analyse des gaz et sur l'analyse de surface.

E. Flores est membre du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz.

S. Westwood est membre du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique et observateur technique du Groupe de travail du CCQM sur les comparaisons clés.

R. Josephs est membre des groupes de travail du CCQM sur la bioanalyse et sur l'analyse organique.

## 6.5 Comparaisons du CCQM coordonnées par le BIPM

Le BIPM est le laboratoire chargé de coordonner les comparaisons suivantes du CCQM :

- BIPM.QM-K1 – Ozone, niveau ambiant (comparaison en continu) ;
- CCQM-P73 – Monoxyde d'azote dans l'azote, aptitude à la préparation d'étalons (terminée) ;
- CCQM-P20.e – Théophylline, analyse de pureté ;
- CCQM-P20.f – Digoxine, analyse de pureté ;
- CCQM-K55.a – 17 $\beta$ -estradiol, analyse de pureté.
- CCQM-P110 – Dioxyde d'azote dans l'air à 10  $\mu\text{mol/mol}$ .

## 6.6 Activités en liaison avec des organisations extérieures

R.I. Wielgosz représente le BIPM à la Commission du Codex Alimentarius, à l'ISO TC 212 sur les laboratoires d'analyses de biologie médicale et les systèmes de diagnostic *in vitro* (Groupe de travail 2 sur les systèmes de mesure de référence), et à l'ISO TC 146 sur la qualité de l'air ; il est membre du comité de rédaction d'*Accreditation and Quality Assurance*.

S. Westwood représente le BIPM et le CCQM à l'ISO REMCO, et il représente le BIPM au Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur la métrologie des matériaux.

R. Josephs représente le BIPM au Comité du Codex sur les méthodes d'analyse et d'échantillonnage (CCMAS) de la Commission du Codex Alimentarius et il est membre du groupe de travail connexe sur l'incertitude de mesure, fonctionnant par courrier électronique.

## 6.7 Publications, conférences et voyages : section de chimie

### 6.7.1 Publications extérieures

1. Bremser W., Viallon J., Wielgosz R.I., Influence of correlation on the assessment of measurement result compatibility over a dynamic range, *Metrologia*, 2007, **44**, 495-504.
2. Wielgosz R.I., Esler M., Viallon J., Moussay P., Oh S.H., Kim B.M., Botha A., Tshilongo J., Mokgoro I.S., Maruyama M., Mace T., Sutour C., Stovčík V., Valková M., Musil S., Pérez Castorena A., Serrano Caballero V., Rangel Murillo F., Konopelko L.A., Kustikov Y.A., Pankratov V.V., Gromova E.V., Thorn W.J., Guenther F.R., Smeulders D., Baptista G., Dias F., Wessel R.M., Nieuwenkamp G., van der Veen A.M.H., Final report on CCQM-P73: International comparison of nitrogen monoxide in nitrogen gas standards (30-70)  $\mu\text{mol/mol}$ , *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 08002.
3. Viallon J., Moussay P., Wielgosz R., Novak J., Vokoun M., Final report of the on-going key comparison BIPM.QM-K1: Ozone at ambient level, comparison with CHMI, 2007, *Metrologia*, 2008, **45**, *Tech. Suppl.*, 08005.
4. Buttinger G., Josephs R.D., Harbeck S., Certification of the mass fraction of aflatoxin B1 in acetonitrile (ERM-AC057), aflatoxin B2 in acetonitrile (ERM-AC058), aflatoxin G1 in acetonitrile (ERM-AC059) and of aflatoxin G2 in acetonitrile (ERM-AC060), IRMM-Information, EUR-Report, Luxembourg (2007) EUR 22889 EN.
5. Linsinger T.P.J., Josephs R.D., Reply to Professor Michael Thompson's rebuttal, *Trends Anal. Chem.*, 2007, **26** (7), 662-663.
6. Krska R., Schubert-Ulrich P., Josephs R.D., Emteborg H., Buttinger G., Pettersson H., van Egmond H.P., Schothorst R.C., MacDonald S., Chan D., Determination of molar absorptivity coefficients for major type-B trichothecenes and certification of calibrators for deoxynivalenol and nivalenol, *Anal. Bioanal. Chem.*, 2007, **388**, 1215-1226.

### 6.7.2 Rapport BIPM

7. Viallon J., Moussay P., Wielgosz R.I., Novak J., Vokoun M., Comparison of ozone reference standards of the CHMI and the BIPM, September 2007, *Rapport BIPM-2007/05*, 12 p.



### 6.7.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites)

R.I. Wielgosz s'est rendu :

- à l'AFNOR, Saint-Denis (France), les 3 et 4 septembre 2007, pour représenter le BIPM aux réunions du Groupe de travail 2 de l'ISO TC 212 sur les systèmes de mesure de référence pour la médecine de laboratoire ;
- au NPL, Teddington (Royaume-Uni), le 13 septembre 2007, pour une réunion préliminaire du Groupe de travail du CCQM sur la valeur de référence des comparaisons clés ;
- au NIM, Beijing (Chine), du 15 au 18 octobre 2007, pour le symposium du JCTLM et les réunions de ses groupes de travail ;
- au NMIJ, Tsukuba (Japon), du 29 octobre au 2 novembre 2007, pour une présentation à la session plénière et pour présider des sessions de la réunion du 11<sup>e</sup> « International Symposium on Biological and Environmental Reference Materials (BERM 11) » ;
- au LGC, Teddington (Royaume-Uni), les 7 et 8 février 2008, pour participer à la première réunion du Groupe de travail *ad hoc* du CCQM « Efficient and Effective Testing of CMC Claims » (EETWG) ;
- au Tubitak, Istanbul (Turquie), du 13 au 15 février 2008, pour assister à une réunion de l'EURAMET MetChem Gas Sub-committee et pour la séance plénière ;
- à Budapest (Hongrie), du 7 au 12 avril 2008, à la réunion du CCMAS, à la réunion inter-institutions et à l'atelier sur les incertitudes, comme co-organisateur de l'atelier « Method Performance and Analytical Uncertainty » et pour représenter le BIPM aux réunions inter-institutions et à celles du Codex ;
- à la PTB, Braunschweig (Allemagne), le 24 avril 2008, pour assister à la réunion sur la normalisation des mesures biologiques et virales et pour des activités de liaison au JCTLM.

R.I. Wielgosz et J. Viallon se sont rendus à Sydney (Australie), du 23 au 27 octobre 2007, pour assister à une réunion du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz.

J. Viallon s'est rendue au Tubitak, Istanbul (Turquie), le 13 février 2008, pour assister à une réunion de l'EURAMET MetChem Gas Sub-committee.

S. Westwood s'est rendu :

- au NMIA, Sydney (Australie), le 24 août 2007, pour une présentation intitulée « BIPM and the Organic Analysis Work Programme » ;
- à Tampa Bay (États-Unis), du 25 au 27 septembre 2007, pour assister à la réunion scientifique annuelle de l'US Pharmacopeia, et pour une présentation à l' « US Pharmacopeia Resolution 3 (New Technology) Advisory Panel » sur le programme de travail du BIPM sur les calibrateurs primaires pour l'analyse organique (BIPM Work Programme in Primary Calibrators for Organic Analysis) ;
- à la PTB, Braunschweig (Allemagne), du 8 au 12 octobre 2007, pour la réunion du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique ;
- à Cracovie (Pologne), le 4 mars 2008, pour une présentation sur les laboratoires nationaux de métrologie, le rôle et l'utilisation des comparaisons clés (National Measurement Institutes and the Role and Use of Key Comparison Studies) à un séminaire de l'ENFSI Quality and Competence Committee ;
- à Francfort (Allemagne), le 4 avril 2008, pour une présentation sur les activités internationales en métrologie en chimie et en biologie à l'USP European Stakeholder's Forum ;
- à Rio de Janeiro (Brésil), du 9 au 13 juin 2008, pour représenter le BIPM et le CCQM à la 31<sup>e</sup> réunion annuelle du Comité de l'ISO sur les matériaux de référence (ISO REMCO).

R. Josephs s'est rendu :

- à la PTB, Braunschweig et au BAM, Berlin (Allemagne), du 8 au 12 octobre 2007, pour participer à la réunion du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique et pour visiter les laboratoires de chimie de la PTB et du BAM ;
- à Londres (Royaume-Uni), les 2 et 3 octobre 2007, pour assister à la conférence annuelle sur les étalons de référence ;
- à Budapest (Hongrie), du 7 au 12 avril 2008, à la réunion du CCMAS, à la réunion inter-institutions et à l'atelier sur les incertitudes, pour une présentation intitulée « Guides to uncertainty in measurement » à l'atelier « Method Performance and Analytical Uncertainty » et pour représenter le BIPM aux réunions inter-institutions et à celles du Codex.

E. Flores s'est rendu à :

- Borås (Suède), les 17 et 18 octobre 2007, pour assister à l'atelier de l'EURAMET et de l'iMERA sur les besoins en métrologie et les priorités pour les mesures dans le secteur de l'environnement ;
- Newbury (Royaume-Uni), du 12 au 16 mai 2008, pour la formation à LabView ;
- Nijmegen (Pays-Bas), les 5 et 6 juin 2008, pour une formation aux instruments molblox/molbloc DHI.

### **6.8 Visiteurs de la section de chimie**

- MM. J. Novak et M. Vokoun (CHMI), du 3 au 7 septembre 2007.
- Mme M. Sassi et M. E. Malgeri (INRiM), du 24 au 28 septembre 2007.
- M. J. Walden (FMI), du 1<sup>er</sup> au 5 octobre 2007.
- MM. Jin-Chun Woo et Byung Moon Kim (KRISS), du 8 au 12 octobre 2007.
- M. D. Selyukov (VNIIM), du 26 au 30 novembre 2007.
- M. C. Sutour, M. J. Couette et Mme T. Macé (LNE), du 14 au 18 avril 2008.
- M. B. Sweeney (NPL), du 19 au 23 mai 2008.
- MM. R. Wessel et G. Nieuwenkamp (NMi VSL), le 28 mai 2008.

### **6.9 Chercheurs invités**

- M. J. Guardado (CENAM), du 30 mars au 31 juillet 2007.
- M. C. Jackson (Groupe de travail 1 du JCTLM), du 23 au 27 juillet 2007.

## 7 BALANCE DU WATT (M. STOCK)

### 7.1 Balance du watt (H. Fang, A. Kiss, E. de Mirandés, A. Picard, J. Sanjaime, M. Stock, C. Urano\*)

Depuis le début du travail de mise au point au printemps 2005, des progrès considérables ont été réalisés sur la balance du watt du BIPM. Les progrès de l'expérience à la température ambiante pour vérifier la faisabilité des mesures simultanées de force et de vitesse se poursuivent. Le personnel s'est étoffé pendant la période couverte par ce rapport avec l'arrivée d'un assistant, qui travaille presque à plein temps sur le projet, ainsi que d'un chercheur associé sur un contrat de deux ans et d'une personne détachée du NMIJ qui a passé sept mois au BIPM.

La suspension de la bobine mobile a été modifiée afin de corriger certaines imperfections mécaniques du modèle précédent et afin d'incorporer des éléments supplémentaires nécessaires à l'alignement de la bobine. La conception des colliers flexibles a été modifiée afin d'éviter les sauts qui ont conduit à des discontinuités dans le mouvement de la bobine. Les déplacements horizontaux lors du mouvement vertical se situent maintenant dans des limites de 250  $\mu\text{m}$ , ce qui correspond à une réduction d'un facteur deux, mais ils doivent encore être réduits. Le niveau de reproductibilité des mouvements pour chaque degré de liberté indique qu'il devrait être possible d'asservir la position de la bobine. L'asservissement destiné à stabiliser le mouvement de rotation de la bobine autour de l'axe vertical est déjà en place ; la rotation résiduelle se situe dans des limites de 50  $\mu\text{rad}$ . Un système mécanique qui sera utilisé pour contrôler l'inclinaison horizontale de la bobine a été conçu ; il sera fabriqué prochainement. Ce système nous permettra aussi de modifier l'utilisation de la bobine mobile comme sonde pendant la procédure d'alignement et comme transmetteur pendant le fonctionnement normal de la balance du watt.

La collaboration avec le département de machines-outil de l'université technique (RWTH) d'Aix-la-Chapelle (Allemagne) pour la fabrication de l'aimant se poursuit. La première étape du projet comprend une étude du comportement, pendant la fabrication, de l'alliage fer-nickel qui sera utilisé pour le bâti et une étude de faisabilité pour déterminer si nos spécifications mécaniques sont réalisables ou pas. Le défi le plus important réside dans le

---

\* En détachement du NMIJ de septembre 2007 à mars 2008.

parallélisme requis des faces internes et externes des pôles. On a conclu que la fabrication est possible, mais très difficile, car elle exige un tour d'une précision extrême. Des contacts ont été établis avec une compagnie capable de le fabriquer. Pendant la deuxième étape du projet, qui aura lieu en 2008, des schémas mécaniques détaillés seront fournis pour la fabrication du circuit magnétique et pour les dispositifs d'assemblage. La fabrication est prévue pour l'année prochaine. Un circuit magnétique simplifié a été construit à titre provisoire.

Une bobine mobile a été fabriquée et placée dans l'entrefer de l'aimant. La tension induite, à la vitesse de 0,2 mm/s de la bobine, est de 0,1 V. Dans l'expérience actuelle à la température ambiante, la tension est mesurée au moyen d'un voltmètre qui sera remplacé ultérieurement par un système fondé sur un étalon de tension de Josephson. Un soin particulier a été apporté à la synchronisation des lectures de la vitesse, mesurée toutes les 0,001 s, et du temps d'intégration du voltmètre (3 à 5 cycles électriques), afin de s'assurer que les lectures de la tension et de la vitesse sont moyennées sur la même durée. Ceci nous permet de réduire l'effet du bruit corrélé lorsque l'on calcule le rapport entre les deux grandeurs.

Afin de vérifier la répétabilité du comportement de la partie tension/vitesse de l'expérience, 16 mesures ont été effectuées avec 53 allers-retours. Une valeur est déduite de chaque mesure qui caractérise l'amplitude du champ magnétique pour une position donnée. L'écart-type relatif des 16 résultats est de  $1,4 \times 10^{-4}$ . Aucune correction n'a été appliquée pour les différences de température entre chaque mouvement et pour le mouvement imparfait (pas tout à fait vertical) de la bobine. Afin d'améliorer la répétabilité et la reproductibilité, nous avons commencé à écrire un programme qui nous permettra de corriger les valeurs brutes pour tenir compte des déplacements horizontaux et de l'inclinaison, ainsi que de la rotation verticale de la bobine mobile. Pour obtenir une amélioration significative, il faudra opérer dans le vide et isoler le système des vibrations.

Quand le courant de 1 mA est injecté dans la bobine mobile pour mesurer la force, la tension totale aux bornes de la bobine est composée de la tension induite (0,1 V) et de la tension due au flux de courant (0,6 V). Une deuxième bobine, non inductive, de résistance très similaire, est montée en série avec la bobine en mouvement. Cette deuxième bobine sert à compenser la variation de la résistance de la bobine en mouvement due aux variations de température. La différence de tension entre les deux bobines devrait, en première approximation, être égale à la tension induite dans la bobine en mouvement. Il a été démontré que l'utilisation de la deuxième bobine permet

de réduire l'influence des variations de température sur la mesure de tension d'un facteur de plusieurs centaines.

La source de courant stabilisé a été améliorée et sa dérive à long terme est maintenant de l'ordre de  $1 \times 10^{-9}$  par minute en valeur relative, avec un écart-type à court terme de  $4 \times 10^{-8}$  en valeur relative.

Nous avons débuté le travail de détermination des caractéristiques géométriques et magnétiques d'un solénoïde de grande précision qui servira de référence pour l'alignement du champ magnétique. Nous mesurons actuellement l'uniformité du diamètre et du pas du bobinage, et nous calculerons ensuite les imperfections correspondantes du champ magnétique.

Les propriétés sismiques du sous-sol du site du BIPM ont été déterminées afin de choisir la solution optimale pour l'isolation future contre les vibrations de la balance du watt. Une base en béton sera installée plus tard cette année.

Une collaboration a débuté avec le NIST qui devrait nous aider à anticiper les principaux défis auxquels nous serons confrontés dans l'étape ultérieure de fabrication de la balance du watt cryogénique.

## 7.2 Publications, conférences, voyages

### 7.2.1 Publications extérieures

1. Stock M., Watt balance experiments: towards an improved SI system, *Proc. VII Semetro*, Belo Horizonte, 2007, 4 p.
2. Picard A., Fang H., Stock M., The BIPM watt balance: Progress and principle, *Proc. 20th IMEKO TC3 Conference*, novembre 2007, 12 p.

### 7.2.2 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites)

M. Stock, H. Fang, A. Picard et E. de Mirandés se sont rendus à la CPEM 2008 et aux réunions satellites, à Boulder (États-Unis), du 9 au 13 juin 2008 :

- M. Stock a assisté aux réunions des groupes de travail du CCEM pour les grandeurs aux basses fréquences, pour les grandeurs aux radiofréquences, sur les organisations régionales de métrologie, sur la planification stratégique et sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme ;
- M. Stock a fait une présentation à la CPEM sur la balance du watt du BIPM ;

- H. Fang, A. Picard et E. de Mirandés ont participé au Groupe de travail du CCEM sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme et ont présenté les progrès de la balance du watt du BIPM.

H. Fang, E. de Mirandés, A. Picard, M. Stock et Ch. Urano ont visité la section d'électricité du LNE (Trappes) et vu la balance du watt, le 21 mars 2008.

M. Stock s'est rendu à :

- Belo Horizonte (Brésil), du 12 au 14 septembre 2007, pour une présentation invitée intitulée « Watt balance experiments: towards an improved SI » ;
- Sydney (Australie), les 29 et 30 octobre 2007, pour participer à la réunion du comité technique sur l'électromagnétisme de l'APMP pour une présentation sur la balance du watt du BIPM. Il a visité le NMIA le 31 octobre 2007 pour des discussions au sujet de la collaboration sur le condensateur calculable.

A. Picard s'est rendu à :

- la PTB (Allemagne), le 30 octobre 2007, pour une présentation intitulée « The BIPM watt balance » ;
- Mérida (Mexique), du 28 au 30 novembre 2007, pour assister au comité technique 3 de la 20<sup>e</sup> conférence de l'IMEKO, pour un discours invité intitulé « Progress on the BIPM watt balance » ;
- Sydney (Australie), du 31 mars au 9 avril 2008, au symposium international du NMIA sur le projet Avogadro et sur la redéfinition des unités du SI, pour une présentation intitulée « Progress on the BIPM watt balance ».

### 7.3 Visiteurs

- M. S. Cundiff (NIST), laboratoire de la balance du watt, le 17 décembre 2007.
- M. M. Kühne (PTB), balance du watt et condensateur calculable, le 22 janvier 2008.
- M. Ch. Daussy (LPL), balance du watt, le 20 février 2008.
- Une délégation de l'AQSIQ (Chine), balance du watt, le 4 mars 2008.
- M. F. Hoffmann (RWTH/WZL, Allemagne), discussion sur la fabrication de l'aimant, le 11 mars 2008.

- MM. M. Tanaka (NMIJ) et Y. Yoshimoto (NEDO), balance du watt, le 18 avril 2008.
- Une délégation du Pérou, le 18 avril 2008.
- M. J. Boháček (Université technique de Prague), balance du watt et condensateur calculable, le 7 mai 2008.
- M. M. Botello, directeur de l'IBMETRO (Bolivie), balance du watt, le 16 mai 2008.
- M. R. Fertell (NCSLI), balance du watt, le 23 mai 2008.

#### **7.4 Chercheur invité**

- M. Ch. Urano (NMIJ) a contribué à la balance du watt pendant son détachement (au BIPM) de septembre 2007 à mars 2008.

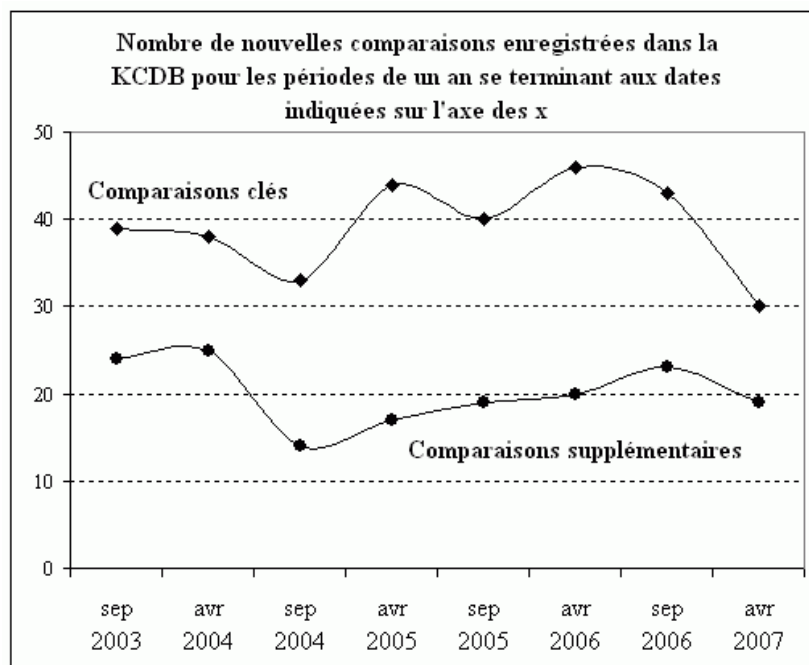
## **8 LA BASE DE DONNÉES DU BIPM SUR LES COMPARAISONS CLÉS, KCDB (C. THOMAS)**

### **8.1 Contenu de la KCDB (S. Maniguet et C. Thomas)**

#### **8.1.1 Comparaisons clés et supplémentaires**

En date du 11 juin 2008, la KCDB comptait 620 comparaisons clés (79 conduites par le BIPM, 310 par les Comités consultatifs et 231 par les organisations régionales de métrologie) et 181 comparaisons supplémentaires. La figure ci-dessous montre la variation du nombre de nouvelles comparaisons clés et supplémentaires, enregistrées dans la KCDB sur des périodes de un an.





Le taux de nouveaux enregistrements est stable au niveau de 20 nouvelles comparaisons supplémentaires par an, mais a diminué d'environ 40 à 30 nouvelles comparaisons clés par an. Cette fluctuation est due à un retard, les toutes dernières comparaisons clés décidées par les groupes de travail du CCQM n'apparaissant pas encore dans la KCDB. Ce problème va être corrigé prochainement, grâce à la collaboration étroite qui s'est récemment instaurée entre le bureau de la KCDB et les présidents des groupes de travail du CCQM.

Parmi les 620 comparaisons clés qui sont enregistrées, on compte :

- 88 comparaisons clés qui correspondent à des exercices antérieurs à l'implantation de l'Arrangement du CIPM, et dont les résultats ne seront jamais publiés dans la KCDB (elles ont reçu le statut « Approuvées pour l'équivalence provisoire »),
- 73 comparaisons clés du BIPM en continu, parmi les 79 existantes, qui ont déjà fourni des résultats publiés dans la KCDB, résultats régulièrement complétés par de nouvelles données (la plupart de ces comparaisons du BIPM ont un rôle de comparaisons clés centrales, auxquelles d'autres comparaisons clés des Comités consultatifs ou des organisations régionales de métrologie sont liées), et

- 221 comparaisons clés des Comités consultatifs et des organisations régionales de métrologie dont le rapport final est approuvé et accessible, ainsi que les résultats numériques et graphiques, depuis le site de la KCDB.

Globalement, plus de 1 000 graphiques d'équivalence peuvent être visualisés.

Les résultats de 76 comparaisons clés régionales (26 organisées par l'APMP, 7 par COOMET, 40 par l'EURAMET et 3 par le SIM) sont publiés dans la KCDB. Des calculs de liens sont aussi réalisés pour 14 comparaisons bilatérales subséquentes à des comparaisons clés des Comités consultatifs, ce qui permet d'ajouter leurs résultats sur les graphiques d'équivalence appropriés. Le graphique d'équivalence le plus complet qui soit accessible depuis la KCDB présente 66 degrés d'équivalence, obtenus à partir de quatre comparaisons clés régionales, toutes liées à la comparaison clé CCM.M-K1 (étalons de masse de 1 kg en acier inoxydable).

Les rapports finaux de 54 comparaisons supplémentaires, parmi les 181 enregistrées, sont aussi placés dans le site de la KCDB.

Notons que les rapports finaux des comparaisons clés et supplémentaires placés dans le site de la KCDB, sont aussi en général publiés sous la forme de *Metrologia Technical Supplements*.

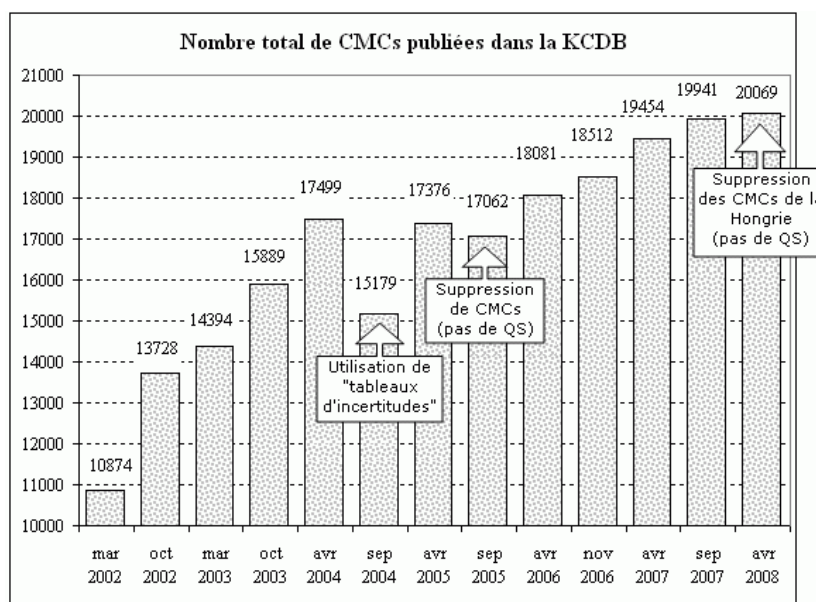
Les résultats d'un certain nombre de comparaisons clés sont régulièrement mis à jour. Cela concerne les comparaisons clés en continu du BIPM dans le domaine de l'électricité (tension, résistance et capacité), dans le domaine de la chimie (ozone) et de mesures d'activité de radionucléides réalisées dans le Système international de référence (SIR). Ces mises à jour correspondent à de nouvelles comparaisons bilatérales effectuées régulièrement entre le BIPM et divers laboratoires nationaux de métrologie. De plus, les résultats de la comparaison clé CCTF-K001.UTC (calcul de l'UTC) sont enrichis chaque mois de nouvelles valeurs.

Des statistiques sur la participation aux comparaisons clés et supplémentaires sont mises à jour régulièrement dans la page correspondante du site de la KCDB, à l'adresse : [http://kcdb.bipm.org/kcdb\\_statistics.asp](http://kcdb.bipm.org/kcdb_statistics.asp).

### 8.1.2 Aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages – CMCs

La KCDB contenait un peu plus de 20 000 CMCs à la fin du mois de mai 2008, ce qui correspond à 600 CMCs supplémentaires par rapport au mois de mai 2007. Cependant, le nombre total de CMCs n'a pas tellement augmenté

sur les six derniers mois. Quinze nouveaux ensembles de CMCs ont été publiés pendant cette période (parmi lesquels l'ensemble désigné « EUROMET.EM.4.2007 » qui comprenait 285 nouvelles CMCs et des centaines de CMCs révisées, déclarées par l'EURAMET dans le domaine de l'électricité et du magnétisme), mais nous avons dû supprimer 364 CMCs déclarées par la Hongrie, car elles n'étaient pas couvertes par un Système Qualité approuvé.



La répartition des CMCs publiées par domaine de métrologie et par pays est disponible dans la page de statistiques du site de la KCDB.

Le 15 mai 2008, 662 CMCs étaient encore supprimées de la KCDB pour des raisons liées à l'approbation de Systèmes Qualité. Sur les six derniers mois, les actions principales menées dans ce domaine ont été les suivantes :

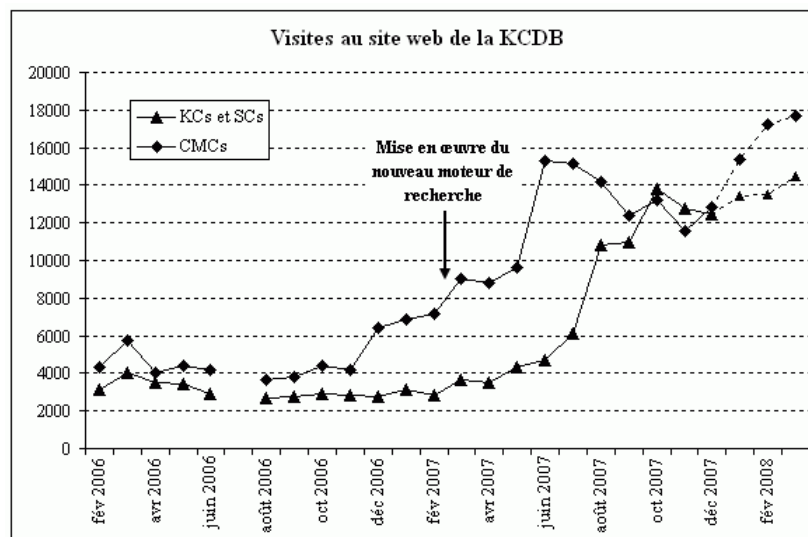
- Toutes les CMCs du LATU (Uruguay), supprimées le 10 août 2007, ont été republiées le 30 mars 2008.
- Les CMCs du NRC (Canada) dans le domaine des longueurs (radiations laser), supprimées en juillet 2005, ont été remplacées le 25 mars 2008 par 10 nouvelles CMCs récemment approuvées.
- Toutes les CMCs de MKEH (Hongrie), soit exactement 364 CMCs couvrant tous les domaines de la métrologie, ont été supprimées le 28 mars 2008.

- Toutes les CMCs de Cuba (masse et grandeurs apparentées, et rayonnements ionisants) ont été republiées le 15 mai 2008, suite à une décision prise par le 20<sup>e</sup> JCRB.

Le bureau de la KCDB a notifié à la 20<sup>e</sup> réunion du JCRB qu'il se peut que certaines des CMCs supprimées en juillet 2005, suite à la décision de la 15<sup>e</sup> réunion du JCRB, ne soient jamais republiées, car elles ne sont plus d'actualité ou ne correspondent plus à des services offerts par les laboratoires. Le bureau de la KCDB a donc demandé au JCRB de clarifier le statut de ces CMCs, en particulier dans le cas où elles devraient être définitivement supprimées de la KCDB. Les organisations régionales de métrologie vont probablement réexaminer cette demande.

## 8.2 Visites au site de la KCDB (C. Thomas)

Entre août 2006 et août 2007, le nombre total de connexions mensuelles depuis l'extérieur au site de la KCDB a augmenté de 10 300 à 27 200. Le détail du nombre de visites aux deux parties principales du site (comparaisons clés et supplémentaires et CMCs) est donné dans la figure ci-dessous : l'impact de la mise en œuvre du nouveau moteur de recherche, en mars 2007, y apparaît de manière évidente.



Les chiffres montrés sur le graphique pour les trois premiers mois de 2008 ne sont que des estimations. Nous avons observé une augmentation très importante du nombre de requêtes entrées en texte libre dans le moteur de

recherche sur cette période (jusqu'à des centaines de milliers en un mois). Il s'agit essentiellement des mêmes requêtes, répétées toutes les 10 ou 30 secondes durant des heures ou des jours, et explorant tous les chemins de navigation possibles contenus dans les réponses. Ces recherches automatiques ont été identifiées comme provenant de « robots », qui scrutent attentivement le site de la KCDB.

Il ne s'agit pas là d'attaques à caractère malin, car ni le contenu de la base de données, ni la façon avec laquelle l'information est retournée par le web ne sont altérés. C'est tout le contraire. Ces « robots » indexent le contenu de notre site et fournissent ainsi des liens utilisés par les moteurs de recherche disponibles sur Internet. Ainsi, nous n'avons pas agi pour le moment, si ce n'est doubler les serveurs frontaux afin de pouvoir faire face à tant de demandes.

Il n'en demeure pas moins qu'il est difficile de connaître le nombre de visites « réelles » et c'est la raison pour laquelle les courbes sont tracées en pointillés sur le graphique. Nous sommes en train de mettre en place un nouvel outil qui devrait permettre d'analyser les fichiers enregistrant les sessions, et nous espérons obtenir de meilleures estimations à l'avenir. Il nous faut aussi ajouter que la « bosse » observée sur la courbe des comparaisons en juin et juillet 2007 est probablement liée au même phénomène.

La conclusion, toutefois, semble être que de plus en plus d'utilisateurs naviguent sur le site web de la KCDB. Les laboratoires nationaux de métrologie nous envoient régulièrement des commentaires le concernant, et bien que nous sachions qu'ils constituent une part importante de notre audience, nous pensons aussi que notre site attire d'autres communautés, comme celles des agences de régulation, des organismes d'accréditation et des industries.

### **8.3 Publicité et *KCDB Newsletters* (S. Maniguet et C. Thomas)**

Nous cherchons à faire de la publicité pour la KCDB aussi souvent que possible, par exemple en distribuant la plaquette de la KCDB et en présentant notre site web durant des ateliers et des congrès. Nous avons fait une démonstration du site de la KCDB et du nouveau moteur de recherche le 1<sup>er</sup> août 2007 lors de la conférence NCSLI (Saint Paul, Minnesota, États-Unis), gracieusement accueilli par le NRC sur leur stand. De plus, les numéros 8 et 9 de la *KCDB Newsletter* ont été publiés les 11 décembre 2007 et 13 juin 2008.

#### 8.4 Publication

1. Thomas C., Wallard A.J., "A User's Guide to the Information in the BIPM Key Comparison Database", *Measurement*, Special Reports, **2(4)**, December 2007, 22-27.

#### 8.5 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites) : KCDB

C. Thomas s'est rendue à :

- Saint Paul, Minnesota (États-Unis), les 1<sup>er</sup> et 2 août 2007, pour la conférence NCSLI'2007 ;
- l'Institut de France, Paris (France), le 18 décembre 2007 ;
- Paris (France), les 17 janvier, 19 février, 17 mars et 24 juin 2008, pour l'organisation du congrès « Métrologie'2009 » au LNE ;
- Trappes (France), le 13 mars 2008, pour préparer la visite du LNE pendant l'École d'été du BIPM sur la métrologie de 2008 ;
- Paris (France), le 21 mars 2008, pour préparer la visite de l'Observatoire de Paris pendant l'École d'été du BIPM sur la métrologie de 2008 ;
- Saint-Denis (France), le 7 avril 2008, pour le colloque « 3rd Workshop on Progress in Determining the Boltzmann Constant » au LNE-INM/CNAM ;
- Wellington (Nouvelle-Zélande), les 30 avril et les 1<sup>er</sup> et 2 mai 2008, pour la 20<sup>e</sup> réunion du JCRB ;
- Tsukuba (Japon), le 9 mai 2008, pour une visite au NMIJ, où elle a fait deux présentations orales sur les activités du BIPM et la KCDB.

#### 8.6 Activités en liaison avec des organisations extérieures

C. Thomas est membre du « Cabinet scientifique des Secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences de Paris ». Dans ce cadre, elle est membre et Secrétaire scientifique du comité permanent de l'Académie des sciences dénommé « Science et métrologie ». Elle est membre et Secrétaire scientifique du comité d'organisation et du comité scientifique du Congrès international de métrologie 2009, qui se tiendra à Paris du 22 au 25 juin 2009 (Métrologie'2009).

## 8.7 Activités liées au travail des Comités consultatifs

C. Thomas est secrétaire exécutive du CCU. Elle est membre des groupes de travail du CCEM sur les projets de modifications au SI et sur la coordination des organisations régionales de métrologie, membre du Groupe de travail du CCM sur les changements au SI – qui est devenu en mars 2007 le Groupe de travail du CCM sur la définition du kilogramme dans le SI, et observatrice au Groupe de travail du CCT sur les comparaisons clés (Groupe de travail 7).

C. Thomas a assisté aux réunions suivantes, en totalité ou en partie :

- 13<sup>e</sup> session du CCL et réunions connexes, du 10 au 14 septembre 2007 ;
- 96<sup>e</sup> session du CIPM (en partie), du 7 au 9 novembre 2007 ;
- 23<sup>e</sup> réunion de la CGPM (en partie), du 12 au 16 novembre 2007 ;
- Groupe de travail du CCRI sur les organisations régionales de métrologie, les 29 et 30 novembre 2007 ;
- 4<sup>e</sup> réunion des organisations régionales de métrologie et des organismes régionaux d'accréditation, les 10 et 11 mars 2008 ;
- 14<sup>e</sup> session du CCQM, les 3 et 4 avril 2008 ;
- 11<sup>e</sup> session du CCM et réunions connexes, du 21 au 24 avril 2008 ;
- 24<sup>e</sup> session du CCT et réunions connexes, du 21 au 23 mai 2008.

C. Thomas est aussi responsable de l'organisation des séminaires au BIPM, et elle est la secrétaire scientifique de l'école d'été du BIPM sur la métrologie de 2008.

Elle a coordonné la mise à jour du site Web du BIPM de décembre 2007 à avril 2008, avec C. Fellag Ariouet, D. Le Coz et L. Le Mée, pendant l'absence de la webmestre.

## 8.8 Visiteurs

- Mme M. Chambon (LNE), le 10 octobre 2007.
- M. Ch. Bordé (Académie des sciences), le 24 octobre 2007.
- M. M. Kühne (PTB), le 22 janvier 2008.
- M. A. Steele (NRC), le 20 mai 2008.

## **9 LE COMITÉ MIXTE DES ORGANISATIONS RÉGIONALES DE MÉTROLOGIE ET DU BIPM, JCRB (P. ESPINA ET L. MUSSIO)**

### **9.1 Secrétaire exécutif du JCRB**

Le contrat de trois ans de M. Pedro Espina, du NIST (États-Unis), en tant que secrétaire exécutif du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB), a pris fin après la 20<sup>e</sup> réunion du JCRB en mai 2008. M. Luis Mussio du LATU (Uruguay) a été choisi comme secrétaire exécutif du JCRB pour les deux prochaines années.

### **9.2 Définition du terme « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages »**

Depuis plusieurs années, deux définitions complémentaires coexistaient, « meilleure aptitude de mesure (BMC) » et « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) », utilisées par les communautés de l'accréditation et de la métrologie, respectivement. L'effort pour produire une définition du terme CMC acceptable de tous a porté ses fruits. Cette nouvelle définition a été approuvée par le CIPM et par l'assemblée générale de l'ILAC ; elle servira de fondement aux travaux futurs dans les communautés de l'accréditation et de la métrologie. La nouvelle définition du terme CMC contient huit notes explicatives considérées comme fondamentales. La nouvelle définition est accessible à l'adresse suivante : [www.bipm.org/cc/CIPM/Allowed/96/CIPM11\\_OPEN\\_ACCESS\\_CMC\\_BMC\\_ACCEPTED.pdf](http://www.bipm.org/cc/CIPM/Allowed/96/CIPM11_OPEN_ACCESS_CMC_BMC_ACCEPTED.pdf)

### **9.3 Règles de procédures du JCRB**

Le JCRB a ressenti le besoin de formaliser le mode de fonctionnement de ses réunions et à cette fin il a élaboré des règles de procédure, définissant les règles de prise de décisions, les droits de vote pour les membres du JCRB et le quorum nécessaire pour la tenue des réunions. Les Règles de procédure du JCRB sont disponibles à l'adresse suivante :

[www.bipm.org/utills/common/CIPM\\_MRA/CIPM\\_MRA-D-01.pdf](http://www.bipm.org/utills/common/CIPM_MRA/CIPM_MRA-D-01.pdf)



#### **9.4 Suivi des modifications à apporter aux CMCs après que les résultats des comparaisons sont disponibles**

Les procédures permettant de suivre l'impact des résultats des comparaisons sur les CMCs publiées ont été discutées lors des deux dernières réunions du JCRB. À la suite de ces discussions, les anciens organigrammes décrivant le déroulement des comparaisons ont été modifiés (voir [www.bipm.org/utls/common/documents/jcrb/flowchart\\_comparisons\\_processes.pdf](http://www.bipm.org/utls/common/documents/jcrb/flowchart_comparisons_processes.pdf)). La nouvelle étape de la procédure concernant le rapport sur les résultats a été mise en œuvre comme indiqué ci-dessous.

- 1 Le laboratoire pilote de la comparaison enverra une lettre aux laboratoires nationaux de métrologie pour les alerter des problèmes potentiels observés dans leurs résultats. Copie de cette lettre sera adressée à l'organisation régionale de métrologie dont ce laboratoire est membre, au groupe de travail sur les CMCs du Comité consultatif (JCRB-11/6(2)) compétent pour les CMCs couvertes par la comparaison, au JCRB et au président du Comité consultatif.
- 2 L'organisation régionale de métrologie doit envoyer dans les 90 jours une lettre au groupe de travail sur les CMCs du Comité consultatif, au JCRB et au président du Comité consultatif (avec copie au laboratoire national de métrologie) présentant un plan d'action pour corriger les problèmes potentiels. Une déclaration sera ensuite publiée dans le prochain rapport annuel de l'organisation régionale de métrologie sur les Systèmes Qualité, décrivant les résultats de l'action corrective. Dans les cas exceptionnels où ce plan d'action ne permet pas de résoudre les problèmes dans un délai de six mois, l'organisation régionale de métrologie demandera au JCRB de retirer temporairement ces CMCs de la KCDB.
- 3 L'organisation régionale de métrologie demandera au JCRB de republier les CMCs retirés temporairement de la base quand l'action corrective aura été appliquée.
- 4 Le président du Comité consultatif informera le CIPM de l'incident dans le cadre de son rapport annuel.

#### **9.5 Évaluation des Systèmes Qualité des laboratoires nationaux de métrologie**

Le JCRB a examiné les implications d'un changement de la méthode d'évaluation utilisée par un laboratoire national de métrologie pour étayer

son Système Qualité, en particulier le passage de l'accréditation à l'auto-déclaration. Parmi les aspects examinés figure la période pendant laquelle les CMCs d'un laboratoire national de métrologie peuvent rester dans la KCDB lors de la période de transition, avant leur réévaluation par la nouvelle méthode. Le JCRB s'est exprimé dans les termes suivants :

« Les laboratoires nationaux de métrologie qui souhaitent changer la méthode d'évaluation de leurs Systèmes Qualité [voir CIPM MRA, section 7.3, page 13] auront un an pour effectuer ce changement. Les organisations régionales de métrologie doivent informer le comité commun (JCRB) de ces changements dans leur rapport annuel sur les Systèmes Qualité de leurs laboratoires nationaux de métrologie. Les changements dont la mise en œuvre demande plus d'un an imposeront le retrait temporaire de la KCDB des CMCs du laboratoire national de métrologie. »

#### **9.6 Documents en cours d'examen**

Le JCRB prépare un document destiné à définir la procédure par laquelle un ensemble de laboratoires nationaux de métrologie pourrait officiellement être reconnu en tant qu'organisation régionale de métrologie dans le cadre du CIPM MRA. Le document a pour but d'aider à la formation de futures organisations régionales de métrologie telles que l'AFRIMETS (laboratoires nationaux de métrologie d'États africains) et éventuellement de GULFMET (laboratoires nationaux de métrologie d'États du Golfe persique).

Le JCRB a pris conscience de la complexité et du grand nombre de documents concernant la mise en œuvre du CIPM MRA. Afin d'aider les utilisateurs, le JCRB a demandé à son secrétaire exécutif d'organiser les documents du CIPM MRA en catégories, et de reprendre leur numérotation selon le système utilisé pour le Système Qualité du BIPM.

#### **9.7 Réunion commune aux organisations régionales de métrologie et à la Coordination régionale des organismes d'accréditation**

La réunion annuelle des organisations régionales de métrologie et de la Coordination régionale des organismes d'accréditation s'est tenue les 10 et 11 mars 2008 au BIPM. Pendant la réunion, un sous-groupe de travail commun sur les procédures d'évaluation a été créé afin de travailler à l'harmonisation des procédures d'examen des Systèmes Qualité utilisées dans le cadre du CIPM MRA et de l'accréditation. Un des résultats attendus

du travail effectué par ce groupe sera le document sur les recommandations relatives à l'accréditation des laboratoires nationaux de métrologie.

Pendant la réunion, les participants ont aussi discuté de l'inclusion de la composante due à l'instrument de mesure dans les bilans d'incertitude pour les CMCs, et des éventuels changements aux catégories de services dans la KCDB, afin de les adapter aux listes d'instruments examinés pour l'accréditation.

### **9.8 Atelier pour renforcer la participation au CIPM MRA**

Le premier atelier destiné à renforcer la participation au CIPM MRA s'est tenu à Muldersdrift (Afrique du Sud) les 2 et 3 mai 2007. Des représentants de six laboratoires nationaux de métrologie signataires du CIPM MRA [LACOMET (Costa Rica), DZM (Croatie), NIS (Égypte), KazInMET (Kazakhstan), KEBS (Kenya) et VMI (Viet Nam)] se sont joints aux représentants des cinq organisations régionales de métrologie et du BIPM pendant deux jours pour des échanges d'informations et pour planifier leur stratégie.

L'atelier a débuté par une présentation sur ce que l'on attendait de cet exercice. Il a été suivi de présentations par chaque laboratoire national de métrologie décrivant l'état de l'infrastructure métrologique nationale de leur pays et son rôle dans ce contexte. Les représentants des laboratoires nationaux de métrologie ont mis en évidence leur participation aux activités de leur organisation régionale de métrologie et du CIPM MRA (y compris les comparaisons). Ils ont aussi décrit les domaines de la métrologie dans lesquels ils aimeraient soumettre leurs premières CMCs et les problèmes potentiels.

Les représentants du BIPM ont parlé des CMCs et des procédures d'examen, de la KCDB et des différents types de comparaisons utilisées dans le cadre du CIPM MRA, ainsi que de la nécessité de la mise en œuvre effective des systèmes de gestion de la qualité conformément à la norme ISO/CEI 17025 et au Guide 34 de l'ISO (lorsqu'il s'applique). Pour conclure, le directeur de CENAMEP (Panama), M. H. Flórez, a présenté les différentes étapes du travail effectué dans son laboratoire pour faire accepter ses CMCs en vue de leur publication dans la KCDB.

Après les présentations, les délégués des laboratoires nationaux de métrologie se sont répartis dans différents groupes de travail, comprenant aussi des experts, afin de développer des stratégies individuelles pour faire

accepter leurs CMCs dans la KCDB. Les principaux sujets discutés étaient les suivants :

1. la nécessité de comparaisons pour étayer les CMCs proposées, et
2. la nécessité de la reconnaissance du Système Qualité étayant leurs CMCs par leur organisation régionale de métrologie.

L'atelier a été particulièrement utile pour montrer comment certaines Entités économiques de plus petite taille peuvent avoir des besoins spécifiques et des exigences particulières à l'égard de leur organisation régionale de métrologie et de l'infrastructure du CIPM MRA.

En mai 2008, le « Laboratory for Process Measurement » de la faculté de génie mécanique et d'architecture navale de Croatie est devenu le premier laboratoire national de métrologie de ce groupe de participants de l'atelier à publier ses CMCs dans la KCDB (avec six mois d'avance sur le calendrier). Leurs dix CMCs dans le domaine des pressions ont été publiées le 16 mai 2008 dans le cadre d'EURAMET.M.8.2007. Entre temps, les cinq autres laboratoires nationaux de métrologie continuent à faire avancer leurs projets individuels, établis pendant l'atelier dans le cadre d'un programme de 18 mois. Le NIS a déjà reçu l'approbation de son Système Qualité par l'EURAMET, et il a envoyé ses CMCs aux comités techniques appropriés de l'EURAMET pour l'examen interne à l'organisation régionale de métrologie.

## 9.9 JCDCMAS

La période de deux ans pendant laquelle le secrétariat du Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS) a été confié à l'ONUDI a pris fin à la fin du mois de mars 2008. Pendant cette période, M. O. Loesener Díaz était le secrétaire exécutif du JCDCMAS.

Le JCDCMAS a tenu sa réunion habituelle en 2008 au BIPM, à Sèvres (France), le 7 mars. À cette occasion, les organisations membres ont résumé leurs activités en 2007 et 2008 destinées à aider les économies en voie de développement. À la fin de la réunion, les participants ont soutenu à l'unanimité le transfert du secrétariat du JCDCMAS au BIPM pour les deux prochaines années ; M. Streak a été détaché du NMISA pour en assurer le secrétariat exécutif.

Les succès les plus marquants du JCDCMAS pendant les deux dernières années sont le renforcement de la coopération entre les membres du

JCDCMAS, une plus grande visibilité, ainsi que le partage des connaissances avec les pays en voie de développement, au sujet de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation, par l'organisation et la participation aux événements suivants :

- réunion d'un groupe d'experts sur « How Best to Assemble and Conduct Analysis of Non-Compliances affecting Market Access for Developing Economies » à Vienne (Autriche), les 26 et 27 septembre 2007 ;
- séminaire international sur « D1 Elements for a law on metrology: when and how to legislate on metrology? » à Shanghai (Chine), le 23 octobre 2007 ;
- formation à l'utilisation du document international OIML D1 « Loi de métrologie » à Maputo (Mexique), le 13 novembre 2007 ;
- symposium sur le thème « Interactions between National Metrology Institutes and Accreditation Bodies for Laboratories and Inspection and Certification Bodies – with particular focus on issues for developing economies » à Sydney, le 31 octobre 2007 ;
- atelier de l'ISO sur l'évaluation de la conformité pour le développement durable et le commerce à Kiev (Ukraine), les 12 et 13 juin 2008.

## **9.10 Publications, conférences et voyages : JCRB**

### **9.10.1 Nouveaux documents du CIPM MRA**

Les documents suivants sont disponibles à l'adresse :

<http://www.bipm.org/en/committees/jc/jcrb/documents.html>

1. Rapport de la 18<sup>e</sup> réunion du JCRB.
2. Rapport de la 19<sup>e</sup> réunion du JCRB.

### **9.10.2 Révision des documents sur le CIPM MRA**

Le document suivant est disponible à l'adresse :

<http://www.bipm.org/en/committees/jc/jcrb/documents.html>

1. Organigrammes décrivant le déroulement des comparaisons.

### 9.10.3 Voyages (conférences, exposés et présentations, visites)

P. Espina s'est rendu :

- à Pretoria (Afrique du Sud), du 3 au 7 juillet 2007, pour participer à la première assemblée générale de l'AFRIMETS ;
- à Braunschweig (Allemagne), les 6 et 7 septembre 2007, du 4 au 6 décembre 2007, et les 27 et 28 mai 2008, pour des réunions avec le bureau du Présidium de la PTB et avec le personnel du service de coopération technique de la PTB ;
- à Ottawa (Canada), du 24 au 30 septembre 2007, pour participer à l'assemblée générale du SIM et à la 19<sup>e</sup> réunion du JCRB ;
- à Minsk (Biélorus), du 1<sup>er</sup> au 4 octobre 2007, pour participer à la réunion des comités techniques de COOMET 1.4 (flux) et 1.6 (masse) ;
- dans la région du Golfe persique [Manama (Bahreïn), Koweït City (Koweït), Riyadh (Arabie saoudite), Doha (Qatar), Dubaï (Émirats arabes unis), Muscat (Oman)], du 20 au 29 octobre 2007, pour visiter le GSO et promouvoir les bénéfices des travaux du BIPM dans les États du Golfe persique ;
- à Gizeh (Égypte), du 31 octobre 2007 au 7 novembre 2007, pour visiter le NIS et participer à la conférence de métrologie arabe ;
- à Teddington (Royaume-Uni), le 4 janvier 2008, pour des réunions avec des membres du personnel du NPL concernant le projet pour la Journée mondiale de la métrologie de 2008 ;
- à Gaithersburg (États-Unis), du 25 au 31 janvier 2008, pour des réunions avec des membres du personnel du NIST ;
- à Vienne (Autriche), le 18 février 2008, pour participer à une réunion avec des membres du personnel de l'ONUDI au sujet du JCDCMAS et pour obtenir de l'aide pour l'AFRIMETS ;
- à Sofia (Bulgarie), du 20 au 23 février 2008, pour participer à la réunion du comité technique de l'EURAMET sur la qualité ;
- à Astana (Kazakhstan), du 18 au 24 mai 2008, pour participer à la Journée mondiale de la métrologie à KazInMetr et pour promouvoir auprès des responsables du Gouvernement du Kazakhstan les bénéfices d'être Membre du BIPM ;
- à Kiev (Ukraine), du 11 au 14 juin 2008, pour participer à l'atelier de l'ISO sur l'évaluation de la conformité pour le commerce et le

développement durable (« Conformity Assessment for Sustainable Development and Trade », organisé par le JCDCMAS) ;

- à Bogotá (Colombie), du 22 au 25 juin 2008, pour participer à la deuxième semaine de la qualité (*Segunda Semana de la Calidad*) et promouvoir les bénéfices de la participation aux travaux du BIPM auprès des représentants du Gouvernement de la Colombie.

P. Espina et L. Mussio se sont rendus à Sydney (Australie) et à Wellington (Nouvelle-Zélande), du 25 avril au 3 mai 2008, pour participer au symposium sur la métrologie du NMIA et pour des réunions avec le personnel du NMIA ; pour participer à l'atelier du MSL-IRL « *Measuring Our World: Metrology 2008* » et pour des réunions avec le personnel du MSL-IRL ; et pour participer à la 20<sup>e</sup> réunion du JCRB.

L. Mussio s'est rendu à Braunschweig (Allemagne), les 5 et 6 juin 2008, pour des réunions avec le personnel du secrétariat de l'EURAMET, avec le service de coopération technique de la PTB, et avec une délégation de CARICOM.

M. Streak s'est rendu à Genève (Suisse), les 25 et 26 avril 2008, pour participer à la réunion du Groupe de conseil du président de l'ISO DEVCO.

#### 9.11 Activités liées au travail des Comités

P. Espina a participé aux réunions suivantes :

- Groupe de travail du CCL sur la métrologie dimensionnelle, le 11 septembre 2007 ;
- réunion du CIPM, le 7 novembre 2007 ;
- réunion de la CGPM, du 12 au 16 novembre 2007 ;
- réunion du Groupe de travail du CCRI sur les organisations régionales de métrologie, les 29 et 30 novembre 2007 ;
- réunion BIPM-ILAC, le 13 décembre 2007 ;
- réunion BIPM-OIML-ILAC, le 5 mars 2008 ;
- réunion BIPM-OIML, le 5 mars 2008 ;
- réunion BIPM-ILAC, le 6 mars 2008 ;
- atelier BMC-CMC, le 8 mars 2008 ;
- Groupe de travail du CCM sur les mesures de fluide, le 17 avril 2008.

P. Espina et L. Mussio ont participé :

- à la réunion des organisations régionales de métrologie et de la Coordination régionale des organismes d'accréditation, les 10 et 11 mars 2008 ;
- au Groupe de travail du CCQM sur les comparaisons clés, les 28 et 29 mars 2008 ;
- au Groupe de travail du CCM sur les CMCs, le 23 avril 2008 ;

P. Espina et M. Streak ont participé :

- à la réunion BIPM-ONUDI, le 6 mars 2008 ;
- à la réunion du JCDCMAS, le 7 mars 2008 ;
- à la réunion du comité de pilotage du forum sur les programmes de métrologie des pays en voie de développement (Forum on Metrology Programmes for States in Development), le 30 juin 2008.

L. Mussio a participé :

- à la réunion du CCQM, les 3 et 4 avril 2008 ;
- à la réunion du CCM, les 24 et 25 avril 2008.

## 9.12 Visiteurs

- Une délégation du Paraguay (7 visiteurs de divers ministères), le 3 juillet 2007.
- M. W. Schmid (secrétaire de l'EURAMET), le 18 janvier 2008.
- M. I. Dunmill (Directeur adjoint du BIML, OIML), le 23 janvier 2008.
- Une délégation chinoise (5 visiteurs), le 3 mars 2008.
- Mme M. Benková (SMU), le 16 avril 2008.
- M. J. Dajes Castro (INDECOPI) et M. C.F. Wolff (PTB), les 17 et 18 avril 2008.
- Une délégation de Bolivie, pour la signature du CIPM MRA, le 16 mai 2008.
- Une délégation du Brésil (24 visiteurs de divers ministères), le 10 juin 2008.



## 10 PUBLICATIONS ET INFORMATIQUE (J. WILLIAMS)

### 10.1 Rapports du CIPM et de ses Comités consultatifs (D. Le Coz, J.R. Miles\*, C. Thomas et J. Williams)

Depuis juillet 2007 ont été publiés :

- *Procès-verbaux du Comité international des poids et mesures, 95<sup>e</sup> session (2006)*, 2007, **74**, 258 p.
- *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures (2007)*, 2008, **8**, 306 p.
- *Le Bureau international des poids et mesures*, 2007, 44 p.

Pendant la période couverte par ce rapport, deux documents des deux groupes de travail du JCGM ont aussi été publiés sur le site Web du BIPM (voir détails ci-dessous). Le Groupe de travail 2 a publié le *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés* (la 3<sup>e</sup> édition du VIM) et le Groupe de travail 1 a publié le Supplément 1 au *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (Propagation of distributions using a Monte Carlo method)*. Ces deux documents ont aussi été publiés par l'ISO comme Guides 99 et 98, respectivement.

Note : la liste des publications scientifiques de chaque section est donnée dans le chapitre correspondant de ce rapport.

Suite à la décision du Comité international des poids et mesures lors de sa 92<sup>e</sup> session en octobre 2003, les rapports des sessions des Comités consultatifs sont maintenant publiés uniquement sur le site Web du BIPM, dans leur langue originale. Les rapports bilingues imprimés français-anglais ne sont plus publiés.

### 10.2 *Metrologia* (J.R. Miles\*, D. Saillard et J. Williams)

Depuis le début de 2003, *Metrologia* est produit en partenariat avec l'Institute of Physics Publishing (IOPP) Ltd., la maison d'édition de l'Institute of Physics.

Les détails techniques de la production de *Metrologia* par le BIPM et l'IOPP continuent à bien fonctionner. Le journal paraît dans les délais et nous

---

\* Webmestre, absente du 7 octobre 2007 au 4 mai 2008.

bénéficiions du vaste réseau de promotion de l'IOPP pour nous aider à maintenir le niveau d'abonnement au journal, à une époque où le nombre d'abonnements a tendance à chuter pour la plupart des journaux scientifiques techniques. Les numéros spéciaux de *Metrologia* sont toujours organisés avec l'aide d'un rédacteur spécialiste invité, en collaboration avec le rédacteur au BIPM. Pendant la période couverte par ce rapport, un numéro spécial de *Metrologia* a été publié : *Radionuclide Metrology*, volume 44(4).

De plus, les articles acceptés pour publication dans le journal imprimé sont accessibles gratuitement pendant un mois sur les pages réservées à *Metrologia* du site de l'IOPP (<http://www.iop.org/EJ/journal/Met>).

Le facteur d'impact (FI) de *Metrologia* continue à augmenter. Le facteur d'impact est égal au nombre de fois que des articles parus au cours des deux années précédentes sont cités pendant l'année en cours, par rapport au nombre d'articles publiés au cours de ces deux années.

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
FI	0,820	0,945	0,842	0,983	1,314	1,479	1,657	1,667

Il est important pour nous d'obtenir et de conserver un facteur d'impact supérieur à 1,0, car c'est précisément le niveau de référence utilisé par les bibliothécaires et les gestionnaires pour décider de la résiliation d'abonnements à certains journaux.

Le *Technical Supplement* à *Metrologia* se porte bien, avec 37 résumés publiés pendant la période couverte par ce rapport, et bien plus sont en attente.

Le tableau suivant présente le temps nécessaire pour les procédures d'édition des articles soumis à *Metrologia*. Ces chiffres démontrent que les procédures d'édition et de publication mises en œuvre par le BIPM et l'IOPP fonctionnent bien. Il est vraiment difficile d'envisager la possibilité d'en améliorer l'efficacité, si l'on considère que ce journal n'est publié que six fois par an.

	2004	2005	2006	2007
Publication d'un manuscrit sur le Web	57 jours	36 jours	40 jours	34 jours
Publication d'un manuscrit sur papier	106 jours	97 jours	95 jours	73 jours

### 10.3 Le site Web du BIPM (J.R. Miles\*)

La webmestre du BIPM, Mme Janet Miles, a été absente une grande partie de l'année, en congé de maternité puis en congé pour convenance personnelle. Une équipe a été provisoirement chargée de gérer les mises à jour du site Web pendant son absence ; les collègues membres de cette équipe comprenaient Mme C. Fellag-Ariouet, Mme D. Le Coz, M. L. Le Mée et Mme C. Thomas. Mme Miles se joint au directeur pour les remercier de leur travail.

Pendant une grande partie de la période couverte par ce rapport, les mises à jour ont été limitées à l'essentiel plutôt qu'à l'adjonction de nouveaux services.

Deux nouvelles sections du site méritent cependant une mention particulière. La première concerne une nouvelle rubrique consacrée aux Guides en métrologie, après la publication de la 3<sup>e</sup> édition du *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés* (VIM), produit par le Groupe de travail 2 du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM), et le premier Supplément au *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, produit par le Groupe de travail 1 du JCGM. Conformément à la Charte du JCGM, ces documents peuvent être téléchargés gratuitement sur le site Web du BIPM (voir <http://www.bipm.org/fr/publications/guides/>).

La deuxième section, consacrée aux événements au BIPM, contient actuellement des informations sur l'atelier sur les Conventions de l'IERS de 2007 (IERS Workshop on Conventions) et sur l'École d'été du BIPM sur la métrologie de 2008 (voir <http://www.bipm.org/fr/events/>).

La section consacrée aux publications a été étendue à deux anciennes séries de publications du BIPM : les *Working Party Notes*, à l'adresse <http://www.bipm.org/fr/publications/wpn.html>, et une collection de rapports sur les statistiques de comptage, intégrée à la série de *Rapports BIPM*, à l'adresse <http://www.bipm.org/fr/publications/rapports-bipm/>. Afin d'offrir un service aussi complet que possible, un certain nombre d'anciennes publications de la section des rayonnements ionisants et de la section Masse remontant aux années 1960 ont été ajoutées à la liste.

La plupart des documents publiés sur le site Web restent en accès restreint dans les pages réservées aux nombreux comités communs, aux Comités consultatifs et à leurs groupes de travail. La présentation de plusieurs de ces

---

\* Webmestre, absente du 7 octobre 2007 au 4 mai 2008.

pages a été améliorée afin d'indiquer si le document est en accès restreint ou en accès libre. La section des documents en accès libre du JCRB est aussi en cours de révision et de mise à jour, afin de faciliter l'accès aux décisions les plus importantes concernant le CIPM MRA.

Il y a eu une floppée d'histoires au sujet du kilogramme dans les journaux grand public cette année, déclenchée par une déclaration selon laquelle le prototype international perdrait de la masse. Ceci a entraîné la publication d'une réponse de R. Davis, responsable de la section Masse, sur le site Web (voir « Is the international prototype losing mass? », à l'adresse [http://www.bipm.org/en/scientific/mass/faqs\\_mass.html](http://www.bipm.org/en/scientific/mass/faqs_mass.html)). La section consacrée à la balance du watt, [http://www.bipm.org/en/scientific/elec/watt\\_balance/](http://www.bipm.org/en/scientific/elec/watt_balance/), a aussi été mise à jour.

Un examen interne du site Web est en cours, et un groupe d'examen externe est en cours de mise en place. Le portail du BIPM sur la métrologie continue à fournir un service unique grâce à son moteur de recherche dédié, qui couvre de plus en plus de documents émanant des laboratoires qui participent au CIPM MRA et dont le nombre croît sans cesse. Les premières réactions sont encourageantes, et les statistiques seront disponibles dans un rapport ultérieur.

Enfin, MM. J. Williams (BIPM) et C. Pulham (OIML) ont collaboré à la création d'un portail commun au BIPM et à l'OIML, le centre de ressources BIPM-OIML, à l'adresse <http://www.metrologyinfo.org/>.

#### 10.4 Informatique (L. Le Mée, J.R. Miles\* et I. Soltani)

Pendant la période couverte par ce rapport, le service informatique a continué à améliorer la fiabilité, la sécurité et les performances du réseau informatique du BIPM et de son site internet, par l'intégration de nouveaux matériels et l'utilisation d'un nombre croissant de logiciels libres.

En réponse à la demande continue des utilisateurs pour une capacité de stockage des données toujours accrue, le service informatique a initié une étude et une consultation approfondie de la structure des systèmes de sauvegarde du réseau du BIPM. Cette consultation s'est achevée par l'intégration au système de communication et d'informatique du BIPM d'un réseau de stockage SAN (réseau spécialisé permettant de mutualiser des ressources de stockage). Ceci a permis au BIPM de gagner immédiatement un facteur 10 dans sa capacité de stockage de données et devrait permettre

---

\* Webmestre, absente du 7 octobre 2007 au 4 mai 2008.

d'ajouter une capacité de stockage supplémentaire d'environ 8,5 To. Ce nouveau système permettra ainsi de satisfaire les besoins futurs des utilisateurs, avec une capacité de stockage totale de ce système d'environ 64 To.

Afin de rendre notre système de sécurité plus robuste aux pannes, nous avons remplacé notre ancien système par une paire de murs parefeu identiques dont le rôle est le suivant : si une erreur est détectée par le parefeu principal, le parefeu de secours (ou de sécurité) entre en action en moins de 30 secondes et prend la main sur le parefeu principal pris en défaut. Ce double système fonctionne de manière automatique. Le logiciel associé au parefeu a aussi été changé pour la version la plus récente, ce qui donnera au BIPM une plus grande protection contre les intrusions venant de l'Internet.

À la fin de la période couverte par ce rapport, le service informatique a installé un nouveau système pour accéder à distance au réseau d'ordinateurs du BIPM, système fondé sur la technologie de réseau privé virtuel sécurisé VPN SSL. Grâce à ce système, un utilisateur peut accéder à distance à son ordinateur de bureau par l'intermédiaire d'une simple connexion internet.

Pendant la période couverte par ce rapport, le service informatique a participé à l'achat, l'installation et à la mise en réseau d'environ 200 ordinateurs de bureau et de laboratoire. Le service informatique a consacré beaucoup d'efforts à améliorer l'homogénéité de l'ensemble du réseau informatique, en termes de logiciels et de matériel.

#### **10.5 Voyages (conférences et visites) : section publications et informatique**

J. Williams s'est rendu à Bristol (Royaume-Uni), le 21 avril 2008, pour une réunion avec l'IOP Publishing.

J.R. Miles s'est rendue au LNE (Paris, France), le 23 août 2007, pour une réunion avec Mme N. Le Bever, webmestre du LNE.

## 11 RÉUNIONS ET EXPOSÉS AU BIPM

### 11.1 Réunions

Les réunions suivantes ont eu lieu au BIPM :

- Le CCL s'est réuni les 13 et 14 septembre 2007 ; il a été précédé des réunions de ses groupes de travail du 10 au 12 septembre.
- Un atelier sur les Conventions de l'IERS a eu lieu les 20 et 21 septembre 2007.
- La réunion des directeurs a eu lieu le 14 novembre 2007.
- Le Groupe de travail 1 (GUM) du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) s'est réuni les 27 et 28 novembre 2007 et du 13 au 16 mai 2008.
- Le Groupe de travail du CCRI sur les organisations régionales de métrologie s'est réuni les 29 et 30 novembre 2007 ; le Groupe de travail de la Section II du CCRI sur les comparaisons clés s'est réuni le 3 décembre, le Groupe de travail de la Section II du CCRI sur les incertitudes s'est réuni le 4 décembre et le Groupe de travail de la Section II du CCRI sur la réalisation du becquerel s'est réuni le 5 décembre 2007.
- Le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) s'est réuni le 7 décembre 2007.
- Le Groupe de travail 2 du JCTLM s'est réuni le 13 décembre 2007 et le comité exécutif du JCTLM s'est réuni le 14 décembre 2007.
- Le Groupe de travail du CCQM sur les valeurs de référence des comparaisons clés s'est réuni les 14 et 15 janvier 2008.
- Une réunion du groupe de travail commun au BIPM, à l'ILAC et à l'OIML a eu lieu le 5 mars 2008.
- Une réunion entre le BIPM et l'ONUDI et une réunion avec l'OIML et l'ILAC ont eu lieu le 6 mars 2008.
- Le JCDCMAS s'est réuni le 7 mars 2008.
- Un atelier sur les termes BMC et CMC a eu lieu le 10 mars 2008.
- Un atelier entre les organisations régionales de métrologie et les organismes régionaux d'accréditation a eu lieu les 10 et 11 mars 2008.

- Le CCQM s'est réuni les 3 et 4 avril 2008 ; il a été précédé des réunions de ses groupes de travail du 28 mars au 2 avril 2008.
- Le Groupe de travail du CCRI sur la dosimétrie des accélérateurs s'est réuni le 10 avril 2008 ; le Groupe de travail de la Section I du CCRI sur les comparaisons clés s'est réuni le 11 avril 2008.
- Le CCM s'est réuni les 24 et 25 avril 2008 ; il a été précédé des réunions de ses groupes de travail du 17 au 23 avril 2008.
- Le CCT s'est réuni les 22 et 23 mai 2008 ; il a été précédé des réunions de ses groupes de travail du 20 au 22 mai 2008 et d'un sous-groupe de travail sur le SI.

## 11.2 Séminaires externes

Les exposés suivants ont été présentés au BIPM, dans le cadre des séminaires réguliers :

- P. Armishaw (NMIA) : Proficiency Testing Using Traceable Assigned Values – A Route to Traceability of Chemical Measurements?, le 3 octobre 2007.
- D. Mondelain et C. Jannssen (PPMA, Laboratoire de physique moléculaire pour l'atmosphère et l'astrophysique, Paris Jussieu) : IR absorption spectroscopy for the measurement of CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in the laboratory and in the atmosphere, le 28 novembre 2007.
- P. Espina (secrétaire exécutif du JCRB) : Metrology in the Arab World and the possible role for the Metre Convention, le 12 décembre 2007.
- C. Daussy (LPL, Villetaneuse, France) et C. Bordé : Mesure de la constante de Boltzmann par méthode optique – vers une redéfinition du kelvin, le 20 février 2008.
- N. Fletcher et T.J. Witt : Time Series Analysis of AC Measurements – Application to Digital Lock-in Amplifiers in Coaxial AC Bridges, le 16 avril 2008.
- T.J. Quinn : The BIPM G experiment – final results, le 21 mai 2008.
- J. Holden et D. Sayers (NAG, Oxford, Royaume-Uni) : Using the NAG Library Toolbox for MATLAB, EXCEL and more, le 23 mai 2008.
- Nien Fan Zhang (NIST) : Allan Variance and the Uncertainty of Autocorrelated Measurements, le 26 juin 2008.

### 11.3 Exposés internes

- R. Josephs et S. Westwood : The Organic Analysis Work Programme of the BIPM's Chemistry Section, le 23 octobre 2007.

## 12 CERTIFICATS ET NOTES D'ÉTUDE

Du 1<sup>er</sup> juillet 2007 au 30 juin 2008, 66 Certificats et 1 Note d'étude ont été délivrés.

### 12.1 Certificats

#### 2007

N <sup>os</sup>		
56.	1 kg mass standard in stainless steel, No. 83700*	SPRING Singapore.
57.	Ionization chamber in <sup>60</sup> Co gamma rays, NE 2571-1752	CMI, Czech Republic.
58.	Prototype de masse, n° 16	Hongrie.
59.	10 pF capacitance standard, No. 01024*	GUM, Poland.
60.	10 pF capacitance standard, No. 01025*	Id.
61.	10 pF capacitance standard, No. 01026*	Id.
62.	10 pF capacitance standard, No. 01027*	Id.
63.	100 pF capacitance standard, No. 01507	Id.
64.	100 pF capacitance standard, No. 01110*	NML-SIRIM, Malaysia
65.	10 pF capacitance standard, No. 01111*	Id.
66.	10 pF capacitance standard, No. 01112*	Id.
67.	Étalon de tension à diode de Zener, n° 5940003*	INM, Roumanie.

---

\* Les étalons marqués d'un astérisque ont déjà été étalonnés au BIPM.



68.	Étalon de capacité de 100 pF, n° 46*	INM, Roumanie.
69.	Étalon de capacité de 10 pF, n° 45*	Id.
70.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 1 910 466*	NML-SIRIM, Malaysia.
71.	100 $\Omega$ resistance standard, No. 274 557	CMI, Czech Republic.
72.	Étalon de résistance de 100 $\Omega$ , n° A2010200SR102*	SMD, Belgique.
73.	Étalon de résistance de 10 000 $\Omega$ , n° 718011*	Id.
74.	Ionization chamber in medium-energy x rays, NE 2561-168*	LNMRI/IRD, Brazil.
75.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, NE 2561-168*	Id.
76.	10 pF capacitance standard, No. 01351	NPLI, India.
77.	100 pF capacitance standard, No. 01352	Id.
78.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, NE 2571-2719	NMISA, South Africa.
79.	Ionization chamber in x rays, NE 2571-2719	Id.
80.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, No. 0064	Id.
81.	Ionization chamber in x rays, No. 0064	Id.
82.	Volume magnetic susceptibility of sample, KL-Alac	KIM-LIPI, Indonesia.
83.	Volume magnetic susceptibility of sample, KL-Ti	Id.
84.	1 kg mass standard in stainless steel, No. 112491	Id.
85.	1 kg mass standard in stainless steel, No. 112492	Id.
86.	1 kg mass standard in stainless steel, No. 112493	Id.

**2008**N<sup>os</sup>

1.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 1883427*	INMETRO, Brazil.
2.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 1711458*	Id.

3.	10 000 $\Omega$ resistance standard, No. 043007*	INMETRO, Brazil.
4.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 76124*	OMH, Hungary.
5.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 470419*	Id.
6.	10 000 $\Omega$ resistance standard, No. 115021*	Id.
7.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 1799559*	INETI-LME, Portugal.
8.	10 000 $\Omega$ resistance standard, No. J207 119 030 104*	Id.
9.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 1877783	UTE, Uruguay.
10.	10 000 $\Omega$ resistance standard, No. 1857471	Id.
11.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, No. 71931	ININ, Mexico.
12.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, No. 176	Id.
13.	Ionization chamber in gamma rays, No. 538	Id.
14.	Ionization chamber in low-energy x rays, Radcal 10X5-6M-8302*	SRPA, Sweden.
15.	Ionization chamber in low-energy x rays, Radcal 10X5-6M-9200	Id.
16.	Ionization chamber in medium-energy x rays, No. 169*	Id.
17.	Ionization chamber in medium-energy x rays, No. 189*	Id.
18.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, NE 2571-2061*	Id.
19.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, NE 2571-2597	Id.
20.	Ionization chamber in gamma rays, No. 231*	Id.
21.	10 pF capacitance standard, No. 01305*	INETI-LME, Portugal.
22.	10 pF capacitance standard, No. 01171	INTI, Argentina.
23.	100 pF capacitance standard, No. 01168	Id.
24.	Étalon de capacité de 10 pF, No. 01277*	SMD, Belgique.
25.	Étalon de capacité de 100 pF, No. 01075*	Id.

26.	Étalon de tension à diode de Zener, n° 5740201*	SMD, Belgique.
27.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 1 132 427*	NMISA, South Africa.
28.	1 $\Omega$ resistance standard, No. 1 146 606*	Id.
29.	1 pF capacitance standard, No. 01284*	Id.
30.	1 pF capacitance standard, No. 01285*	Id.
31.	10 pF capacitance standard, No. 01286*	Id.
32.	100 pF capacitance standard, No. 01287*	Id.
33.	Ionization chamber in medium-energy x rays, NE 2571-3108	HIRCL/HAEC- EIM, Greece.
34.	Ionization chamber in $^{60}\text{Co}$ gamma rays, NE 2571-3108	Id.
35.	10 000 $\Omega$ resistance standard, No. J201 069 130 104*	DFM, Denmark.

## 12.2 Notes d'étude

### 2007

N°		
3.	1 pF capacitance standard, No. 01113*	NML-SIRIM, Malaysia.

### 2008

Il n'y a pas eu de note d'étude au 1<sup>er</sup> semestre 2008.

## 13 FINANCES, ADMINISTRATION ET SERVICES GÉNÉRAUX (B. PERENT)

La section finances, administration et services généraux du BIPM est responsable du bon fonctionnement d'un vaste domaine de services de soutien comme les finances, les ressources humaines, les questions juridiques et autres. Pendant l'année passée, la section s'est occupée de l'organisation de la 23<sup>e</sup> réunion de la CGPM et a participé à ses réunions et à celles du Groupe de travail sur la dotation ; la section a été impliquée dans la rédaction des projets de certaines Résolutions. La section a présenté au CIPM les Statut, Règlement et Instructions applicables au personnel du BIPM lors de sa session de novembre 2007 ; le texte final a été adopté par le CIPM par correspondance le 12 février 2008 et est entré en vigueur le 2 mai 2008. En conséquence, la section a procédé à un certain nombre de changements et d'arrangements administratifs comme, notamment, la procédure d'approbation par le Conseil d'administration de l'Organisation internationale du travail (OIT) de la reconnaissance par le BIPM de la compétence du Tribunal administratif de l'OIT.

### 13.1 Comptes

Les comptes détaillés de l'exercice 2007 peuvent être consultés dans le *Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau international des poids et mesures* relatif à l'exercice 2007. Un extrait des comptes figurant dans ce rapport est reproduit ci-après.

#### 13.1.1 Compte I : fonds ordinaires\*

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 2007	8 035 603,86
<b>Recettes</b>	
Recettes budgétaires	12 010 800,03
Différences de change	14 124,39
Taxes sur les achats remboursées	362 851,92
Total des recettes	<b>12 387 776,34</b>
<b>Dépenses</b>	
Dépenses budgétaires	11 234 743,17
Taxes sur les achats remboursables	497 159,65
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 2007	126 941,87
Total des dépenses	<b>11 858 844,69</b>
Actif au 31 décembre 2007	<b>8 564 535,51</b>

\* Depuis l'exercice 2001, conformément à la Résolution 13 votée par la Conférence générale lors de sa 21<sup>e</sup> réunion, la monnaie de compte du BIPM est l'euro.

*Recettes du Compte I.* — Les recettes budgétaires se sont élevées à 12 010 800 euros pour un budget voté de 10 972 700 euros, soit un excédent de 1 038 100 euros.

### Détail des recettes budgétaires

Chapitres	Recettes de l'exercice	Budget voté	Écart
<b>I. Contributions des États</b>			
Versement de contributions par les États Membres :			
Au titre de l'exercice 2007	9 534 087,28		
Au titre de l'exercice 2006	822 781,76		
Au titre de l'exercice 2005	128 091,40		
Au titre de l'exercice 2004 et antérieurs	102 206,38		
Au titre de l'exercice 2008	286 753,00		
	10 873 919,82		
		10 994 823,82	10 105 118,00
			889 705,82
Versement de la contribution supplémentaire discrétionnaire :			
Au titre de l'exercice 2007	105 218,00		
Au titre de l'exercice 2006	11 973,00		
Au titre de l'exercice 2008	3 713,00		
	120 904,00		
<b>II. Souscriptions des Associés</b>			
Versement de souscriptions par les Associés :			
Au titre de l'exercice 2007	161 903,00		
Au titre de l'exercice 2006	23 470,00	210 683,00	197 485,00
Au titre de l'exercice 2008	25 310,00		13 198,00
<b>III. Intérêts des fonds</b>			
		432 981,34	291 000,00
			141 981,34
<b>IV. Abonnements à Metrologia</b>			
		106 374,96	95 000,00
			11 374,96
<b>V. Recettes diverses</b>			
		265 936,91	125 400,00
			140 536,91
<b>VI. Transfert du Compte I</b>			
		0,00	158 697,00
			-158 697,00
<b>Total des recettes</b>	<b>12 010 800,03</b>	<b>10 972 700,00</b>	<b>1 038 100,03</b>

*Versement de contributions par les États Membres.* — Les versements de contributions effectués au cours de l'année 2007 s'élèvent à 10 873 919,82 euros, dont 9 534 087,28 euros au titre de l'exercice 2007, représentant environ 86 % de la dotation votée pour 2007. Le total des versements de contributions est supérieur à la dotation pour 2007 en raison du versement de contributions de 1 053 079,54 euros au titre des exercices antérieurs et de 286 753 euros au titre de l'exercice 2008. Des versements pour un montant de 120 904 euros ont été également effectués au titre de la contribution supplémentaire discrétionnaire votée par la Conférence générale des poids et mesures à sa 22<sup>e</sup> session pour les années 2005 à 2007.

*Versements de souscriptions par les Associés.* — Les versements de souscriptions effectués au cours de l'année 2007 s'élèvent à 210 683 euros. Les souscriptions reçues en 2007 sont supérieures de 13 198 euros au montant inscrit au budget sous ce chapitre en raison du versement de souscriptions par les États devenus Associés en 2007, mais également par suite du paiement de souscriptions au titre de l'exercice 2006 pour un montant de 23 470 euros et de l'exercice 2008 pour un montant de 25 310 euros.

*Intérêts des fonds.* — Les intérêts reçus par suite des placements des actifs s'élèvent à 432 981,34 euros et sont supérieurs au budget en raison de plus-values réalisées à la suite de cessions de titres de placement.

*Recettes diverses.* — Des recettes diverses ont également contribué au budget, à savoir : la fourniture aux laboratoires nationaux ainsi qu'à d'autres laboratoires de cuves à iode utilisées dans des lasers asservis et pour la spectroscopie, des redevances perçues à la suite d'un accord passé en 2000 avec une société privée pour la commercialisation de la balance FB-2, la participation de l'IFCC au secrétariat du JCTLM et la fourniture de cylindres en platine iridié dans le cadre du projet international sur la constante d'Avogadro.

*Transfert du Compte I.* — Lors de l'adoption du budget de l'exercice 2007, un transfert de 158 697 euros du Compte I avait été prévu afin d'équilibrer le budget. En raison de l'excédent des recettes de l'exercice 2007 par rapport aux dépenses, il n'a pas été procédé à un tel transfert, ce qui explique l'écart constaté sous ce chapitre.

*Dépenses du Compte I.* — Les dépenses budgétaires en 2007 se sont élevées à 11 234 743,17 euros pour un budget voté s'élevant à 10 972 700 euros.

**Détail des dépenses budgétaires**

Chapitres	Dépenses de l'exercice	Budget voté	Économies	Dépassements	
<i>A. Dépenses de personnel :</i>					
1. Traitements	4 262 843,31	4 342 000	79 156,69	-	
2. Allocations familiales et sociales	1 041 828,21		986 700	-	55 128,21
3. Charges sociales (a)	439 977,39		458 300	18 322,61	-
<i>B. Contribution à la Caisse de retraite (b) :</i>					
	1 800 000,00	1 800 000	-	-	
<i>C. Services généraux :</i>					
1. Chauffage, eau, électricité	168 952,63	219 700	50 747,37	-	
2. Assurances	35 916,23	39 600	3 683,77	-	
3. Publications	40 423,70	100 800	60 376,30	-	
4. Frais de bureau	142 153,06	150 600	8 446,94	-	
5. Frais de réunions	153 735,49	180 000	26 264,51	-	
6. Voyages et transports de matériel	343 453,12	316 700	-	26 753,12	
7. Bibliothèque	153 172,05	176 000	22 827,95	-	
8. Bureau du Comité	42 281,12	26 300	-	15 981,12	
<i>D. Dépenses de laboratoires :</i>					
	1 694 407,24	1 600 000	-	94 407,24	
<i>E. Dépenses de bâtiments (travaux d'entretien et de rénovation) (d) :</i>					
	691 178,07	494 000	-	197 178,07	
<i>F. Frais divers et imprévus (c) :</i>					
	224 421,55	82 000	-	142 421,55	
<b>Totaux</b>	<b>11 234 743,17</b>	<b>10 972 000</b>	<b>269 826,14</b>	<b>531 869,31</b>	

(a) Comprenant un virement de 45 282,61 euros au Compte II (Caisse de retraite).

(b) Virement au Compte II (Caisse de retraite).

(c) Comprenant un virement de 2 340 euros au Compte IV (Caisse des prêts sociaux).

(d) Comprenant un virement de 18 340,93 euros au Compte V (Réserves pour les bâtiments).

Les dépenses engagées en 2007 ont été supérieures au budget de 262 043 euros, soit un écart d'environ 2,4 %. Alors que les dépenses de personnel et les dépenses de fonctionnement ont été inférieures au budget, les dépassements de budget ont concerné les dépenses de laboratoires, les dépenses de bâtiments et les frais divers.

*Dépenses de personnel.* — Les traitements ont été inférieurs au budget de 79 156 euros, le recrutement d'un physicien et d'un assistant à la section Temps, fréquences et gravimétrie prévu au 1<sup>er</sup> janvier 2007 ayant nécessité un délai plus important que prévu.

*Dépenses de fonctionnement.* — Les dépenses de fonctionnement ont été inférieures au budget de 129 612 euros. Des conditions climatiques peu rigoureuses ont permis de faire des économies sur les postes du chauffage et de l'électricité. Les dépenses de publications ont été également inférieures au budget, la publication de la brochure présentant les activités du BIPM étant beaucoup moins coûteuse que prévu.

*Dépenses de laboratoires.* — Les principales dépenses de laboratoires effectuées en 2007 sont l'achat d'une boîte à gants pour la section des masses, de deux récepteurs de temps pour la section Temps, fréquences et gravimétrie, d'un calibrateur ainsi que d'un bain d'huile thermostaté pour la section d'électricité, de deux lasers pour le projet du condensateur calculable, d'un analyseur à scintillation liquide ainsi que d'un pont de capacitance multi-fréquences pour la section des rayonnements ionisants, d'un échantillonneur automatique ainsi que d'un analyseur gravimétrique de sorption de vapeur pour la section de chimie, d'une machine à usinage par électro-érosion à fil ainsi que d'un centre d'usinage pour l'atelier de mécanique et d'un système de stockage de données en réseau centralisé pour l'informatique.

*Dépenses de bâtiments.* — Les dépenses de bâtiments se sont élevées à 691 178,07 euros et sont en dépassement de 197 178,07 euros par rapport au budget, en raison des travaux de réfection de la voierie accédant au Petit Pavillon qu'il a fallu réaliser après les travaux d'aménagement des salles de réunion dans ce bâtiment, de la réfection de l'Allée du Mail et du remplacement du groupe électrogène alimentant le bâtiment de l'Observatoire en cas de coupure d'alimentation électrique.

*Frais divers.* — Sous le chapitre des frais divers est inclus l'achat de platine iridié pour un montant de 167 606 euros qu'il a fallu effectuer afin de satisfaire les commandes de prototypes de masse reçues de laboratoires nationaux de métrologie.



### 13.1.2 Compte II : caisse de retraite

---

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 2007	<b>12 088 858,38</b>
<b>Recettes</b>	
Retenues sur les traitements	379 660,41
Virement du Compte I*	1 859 692,59
Intérêts des fonds	616 137,11
Total des recettes	<b>2 855 490,11</b>
<b>Dépenses</b>	
Pensions servies	2 393 183,85
Remboursement de cotisations	8 092,89
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 2007	183 212,13
Total des dépenses	<b>2 584 488,87</b>
Actif au 31 décembre 2007	<b>12 359 859,62</b>

---

\* Comprenant un virement de 45 282,61 euros provenant des économies réalisées sur l'assurance maladie (*BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1994, **62**, 19).

### 13.1.3 Compte III : fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique

Ce compte est alimenté par la contribution d'entrée des États lors de leur adhésion.

Ce compte n'a enregistré aucun mouvement en 2007.

## 13.1.4 Compte IV : caisse des prêts sociaux

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 2007 hors créances	<b>94 819,19</b>
<b>Recettes</b>	
Amortissements partiels des prêts	
Capital	49 853,77
Intérêts	2 551,01
Virement du Compte I	2 340,00
Intérêts des fonds	5 122,48
Total des recettes	<b>59 867,26</b>
<b>Dépenses</b>	
Prêts consentis en cours d'année	57 500,00
Total des dépenses	<b>57 500,00</b>
Actif au 31 décembre 2007 hors créances	<b>97 186,45</b>
<b>Créances de la caisse des prêts sociaux</b>	
Créances au 1 <sup>er</sup> janvier 2007	143 896,32
Créances nouvelles en cours d'année	57 500,00
Amortissements partiels des prêts (capital)	- 49 853,77
Créances au 31 décembre 2007	<b>151 542,55</b>
Actif au 31 décembre 2007 créances incluses	<b>248 729,00</b>

## 13.1.5 Compte V : réserve pour les bâtiments

Ce compte a été utilisé pour l'aménagement de salles de réunion dans le Petit Pavillon, qui s'est achevé au cours de cet exercice.

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 2007	<b>114 602,35</b>
<b>Recettes</b>	
Intérêts des fonds	2 480,08
Total des recettes	<b>2 480,08</b>
<b>Dépenses</b>	
Dépenses d'aménagement du Petit Pavillon	98 741,50
Virement au Compte I	18 340,93
Total des dépenses	<b>117 082,43</b>
Actif au 31 décembre 2007	<b>0,00</b>

### 13.1.6 Compte VI : *Metrologia*

Ce compte a été clôturé en 2000, les recettes et les dépenses liées à *Metrologia* sont imputées dans les chapitres concernés du Compte I. — Fonds ordinaires.

### 13.1.7 Compte VII : fonds de réserve pour l'assurance maladie

---

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 2007	<b>555 390,57</b>
<b>Recettes</b>	
Intérêts des fonds	25 543,26
Total des recettes	<b>25 543,26</b>
<b>Dépenses</b>	
Subvention des cotisations des retraités	49 333,50
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 2007	7 757,03
Total des dépenses	<b>57 090,53</b>
Actif au 31 décembre 2007	<b>523 843,30</b>

---

## 13.1.8 Bilan au 31 décembre 2007

Compte I « Fonds ordinaires »	8 564 535,51
Compte II « Caisse de retraite »	12 359 859,62
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique »	0,00
Compte IV « Caisse des prêts sociaux »	248 729,00
Compte V « Réserve pour les bâtiments »	0,00
Compte VI « <i>Metrologia</i> »	0,00
Compte VII « Fonds de réserve pour l'assurance maladie »	523 843,30
<b>Actif net</b>	<b>21 696 967,43</b>
Cet actif net se décompose comme suit :	
a. Fonds déposés en banque :	
1° En euros	14 379 991,05
2° En dollars américains (1,4721 USD = 1 EUR)	2 202 920,93
3° En francs suisses (1,6547 CHF = 1 EUR)	48 183,60
4° En livres sterling (0,733 35 GBP = 1 EUR)	1 484 657,84
5° En dollars canadiens (1,4449 CAD = 1 EUR)	781 513,57
6° En couronnes norvégiennes (7,958 NOK = 1 EUR)	1 112 639,68
7° En couronnes danoises (7,4583 DKK = 1 EUR)	1 634 201,25
<b>Total des fonds déposés en banque</b>	<b>21 644 107,92</b>
b. Espèces en caisse :	
1° En euros	3 026,16
2° En dollars américains (1,4721 USD = 1 EUR)	1 125,09
3° En francs suisses (1,6547 CHF = 1 EUR)	329,40
4° En couronnes suédoises (9,4415 SEK = 1 EUR)	7,94
5° En yens (164,93 JPY = 1 EUR)	121,26
6° En dollars mexicains (16,0477 MXN = 1 EUR)	24,93
7° En dollars australiens (1,6757 AUD = 1 EUR)	300,59
8° En couronnes norvégiennes (7,958 NOK = 1 EUR)	94,75
9° En couronnes danoises (7,4583 DKK = 1 EUR)	13,41
10° En dollars de Singapour (2,1163 SGD = 1 EUR)	20,32
11° En couronnes slovaques (33,583 SKK = 1 EUR)	483,88
12° En zlotys (3,5935 PLN = 1 EUR)	11,13
13° En yuans RMB (10,7524 CNY = 1 EUR)	89,80
14° En baths thaïlandais (43,80 THB = 1 EUR)	4,91
15° En ringitts (4,8682 MYR = 1 EUR)	67,79
16° En livres égyptiennes (8,113 94 EGP = 1 EUR)	36,17
17° En réals (2,611 91 BRL = 1 EUR)	87,29
18° En wons (1 377,96 KRW = 1 EUR)	91,64
19° En rands (10,0298 ZAR = 1 EUR)	110,92
20° En forints (253,73 HUF = 1 EUR)	55,09
21° En roupies indiennes (57,9856 INR = 1 EUR)	18,97
22° En couronnes tchèques (26,628 CZK = 1 EUR)	71,80
<b>Total des espèces en caisse</b>	<b>6 193,24</b>
<b>Actif brut (a + b)</b>	<b>21 650 301,16</b>
c. Créances de la Caisse des prêts sociaux	151 542,55
d. Provision pour remboursement aux États à déduire (1)	-104 876,28
<b>Actif net</b>	<b>21 696 967,43</b>

## (1) Compte « Remboursement aux États »

Situation au 1 <sup>er</sup> janvier 2007	9 983,28
Versements	
Versement par l'Uruguay de ses contributions de 2005 et 2006	94 893,00
Total des versements	94 893,00
Remboursements aux États	0,00
Total des remboursements	<b>0,00</b>
Situation au 31 décembre 2007	<b>104 876,28</b>

---

## 13.2 Personnel

### 13.2.1 Engagements

- Mme Gianna Panfilo, née le 16 mars 1975 à Rieti (Italie), de nationalité italienne, précédemment post-doctorante à l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) à Turin (Italie), a été engagée en qualité de *physicienne* à la section Temps, fréquences et gravimétrie à dater du 1<sup>er</sup> août 2007.
- M. Adrien Kiss, né le 17 septembre 1983 à Nancy (France), de nationalité française, précédemment en stage dans une société privée française, a été engagé en qualité d'*assistant* à la section Masse à dater du 5 novembre 2007.
- M. Imad Soltani, né le 11 septembre 1974 à Lyon (France), de nationalité française, précédemment technicien informatique dans une société privée française, a été engagé en qualité de *technicien* à la section Publications et informatique à dater du 1<sup>er</sup> janvier 2008.
- Mme Estefania de Mirandés, née le 23 octobre 1980 à Barcelone (Espagne), de nationalité espagnole, précédemment post-doctorante au laboratoire Kastler-Brossel à Paris (France), a été engagée comme *chercheur associé* à la section Électricité à dater du 7 janvier 2008.

### 13.2.2 Promotions et changements de grade

- M. Michael Stock\*, *physicien principal*, responsable des projets spéciaux, a été nommé chef de la section d'électricité et promu au grade de *physicien chercheur principal* à dater du 1<sup>er</sup> juillet 2007.
- M. Zhiheng Jiang\*, *physicien* dans la section Temps, fréquences et gravimétrie, a été promu au grade de *physicien principal* à dater du 1<sup>er</sup> janvier 2008.
- M. Philippe Moussay, *technicien* dans la section Chimie, a été promu au grade de *technicien principal* à dater du 1<sup>er</sup> janvier 2008.
- M. Fabrice Boyer, *mécanicien* à l'atelier, a été promu au grade de *mécanicien principal* à dater du 1<sup>er</sup> janvier 2008.

\* Ces promotions résultent d'un vote du CIPM lors de sa 96<sup>e</sup> session en novembre 2007.

### 13.2.3 Départs

- M. Guillaume Thibaudeau, *assistant* à la section Temps, fréquences et gravimétrie depuis le 1<sup>er</sup> avril 2007, a quitté le BIPM le 19 décembre 2007.
- Mme Ghislaine Negadi, *secrétaire* à la section Secrétariat depuis le 4 mai 1998, a quitté le BIPM le 17 janvier 2008.
- M. Imad Soltani, *technicien* à la section Publications et informatique depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008, a quitté le BIPM le 31 mai 2008.

## 13.3 Bâtiments

### 13.3.1 Grand Pavillon

- Peinture des volets.

### 13.3.2 Observatoire

- Peinture du caveau (inférieur) et maintenance du système de conditionnement d'air.
- Rénovation de deux bureaux au rez-de-chaussée.
- Rénovation des salles 4 et 5.
- Remplacement partiel du système de conditionnement d'air des salles 15 et 18, ainsi que du laboratoire du temps.
- Entretien des gouttières.

### 13.3.3 Bâtiment des rayonnements ionisants

- Peintures extérieures.

### 13.3.4 Nouveau Pavillon

- Rénovation de six bureaux au rez-de-chaussée.

### 13.3.5 Pavillon du Mail

- Entretien de la toiture.

### 13.3.6 Tous les bâtiments

- Réparation du système d'alarme incendie endommagé à la suite d'une tempête.
- Remplacement du groupe électrogène.
- Maintenance du générateur électrique.

### 13.3.7 Extérieurs et parc

- Rénovation du chemin et création d'un escalier menant au Petit Pavillon.
- Abattage d'un certain nombre d'arbres dangereux.

## 13.4 Voyages : section finance, administration et services généraux

B. Perent et R. Cèbe ont assisté au séminaire « IAAS Administration Internationale » hébergé par le BIPM, du 5 au 7 mai 2008. Trente-trois organisations internationales étaient représentées à ce séminaire.

B. Perent s'est rendue à Boulder (États-Unis), les 8 et 9 juin 2008, pour une réunion du bureau du CIPM.

## 14 **SECRETARIAT (F. JOLY)**

La charge de travail du secrétariat reste lourde en raison du nombre élevé de réunions au BIPM, avec un personnel réduit depuis le début de 2008. Il s'agit principalement des réunions des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail (certains sont complexes et se tiennent à différents endroits en même temps, avec des sessions en parallèle, au BIPM ou à l'extérieur, comme le CCQM) et de l'envoi des publications. En plus des réunions des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail, le secrétariat, avec l'aide de la section administration, assure aussi le bon fonctionnement d'un nombre de plus en plus élevé de réunions au BIPM.

Cette année a été particulièrement active en raison de la réunion de la CGPM en novembre 2007 et de l'École d'été du BIPM sur la métrologie en juin-juillet 2008.



Parmi les autres responsabilités qui lui incombent, le secrétariat du BIPM est chargé de maintenir une base de données d'un grand nombre de contacts internationaux. Cette base a été modifiée et intégrée aux autres bases du BIPM.

Le secrétariat continue à se former aux outils informatiques. Ainsi les documents principaux des Comités consultatifs et ceux assurant la communication avec les États Membres, les Associés à la Conférence générale et avec les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie sont accessibles par l'intermédiaire du site Web du BIPM.

## **15 ATELIER DE MÉCANIQUE ET ENTRETIEN DU SITE (J. SANJAIME)**

L'atelier du BIPM offre une contribution fondamentale et très appréciée au programme de travail du BIPM. Un grand nombre d'activités sont mentionnées dans les rapports des sections ; en effet la mission essentielle de l'atelier est d'étayer le programme technique par la construction d'équipements spécialisés et, si nécessaire, d'apporter son aide lorsque les laboratoires nationaux de métrologie ou autres apportent des objets à étalonner. Dans ce dernier cas, le BIPM a souvent besoin d'équipements annexes très rapidement pour régler des problèmes ou pour effectuer des réparations si un équipement est endommagé lors du transport, afin que l'étalonnage se passe bien. Il est indispensable d'agir rapidement pour être efficace dans les services rendus par le BIPM aux membres du personnel des laboratoires nationaux de métrologie qui viennent au BIPM pour des périodes courtes.

L'atelier effectue des travaux mécaniques de haute précision pour les sections scientifiques du BIPM. De plus, l'atelier du BIPM est le seul au monde à fabriquer des prototypes du kilogramme en platine iridié, exclusivement pour les États Membres ; il utilise pour cela l'équipement spécialisé et les compétences uniques du personnel de l'atelier.

Pendant l'année, l'atelier a contribué avec succès :

- à la fabrication d'un grand nombre d'éléments du condensateur calculable, en collaboration avec le NMIA (Australie) et le NRC (Canada) ; ces composants ont été envoyés en Australie ;
- au projet de balance du watt du BIPM, pour lequel il a fabriqué un certain nombre de composants ;
- à la fabrication d'un certain nombre de prototypes de masse en platine-iridié et en acier inoxydable ;
- à un nouveau comparateur de masse, dont la fabrication est terminée ; et
- à la fabrication de détecteurs complexes en graphite pour la section des rayonnements ionisants.

De plus, les membres du personnel de l'atelier ont participé à un certain nombre de tâches liées à la maintenance du site.

## LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME

### 1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences\*

ACPO*	<i>voir</i> CSIRO
AFNOR	Association française de normalisation, La Plaine Saint-Denis (France)
AFRIMETS	Système intra-africain de métrologie/Inter-Africa Metrology System
AGU	American Geophysical Union, Washington DC (États-Unis)
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AIG	Association internationale de géodésie
AIST*	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <i>voir</i> NMIJ/AIST
AMCTM	Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing Conference
AOS	Astrogeodynamical Observatory, Borowiec (Pologne)
APC	Laboratoire AstroParticule et Cosmologie, Université Paris 7, Paris (France)
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
AQSIQ	General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Beijing (Rép. pop. de Chine)
ARPANSA	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, Sydney et Melbourne (Australie)
A*STAR	Agency for Science, Technology and Research (Singapour)
ASE	Agence spatiale européenne
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin (Allemagne)
BARC	Bhabha Atomic Research Centre, Trombay (Inde)
BERM	Biological and Environmental Reference Materials International Symposium
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne (Autriche)
BIML	Bureau international de métrologie légale

---

\* Les laboratoires ou organisations marqués d'un astérisque soit n'existent plus soit figurent sous un autre sigle.

BIPM	Bureau international des poids et mesures
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main (Allemagne)
CARICOM	Communauté des Caraïbes
CCAUV	Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations
CCEM	Comité consultatif d'électricité et magnétisme
CCL	Comité consultatif des longueurs
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées
CCMAS	Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling
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
CEI	Commission électrotechnique internationale
CENAM	Centro Nacional de Metrología, Querétaro (Mexique)
CENAMEP	Centro Nacional de Metrología de Panamá, Panamá (Panama)
CGGTTS	Groupe de travail du CCTF sur la normalisation des comparaisons d'horloges utilisant le GPS et le GLONASS/ CCTF Working Group on GPS and GLONASS Time Transfer Standards
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CHMI	Czech Hydrometeorological Institute, Prague (Rép. tchèque)
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Madrid (Espagne)
CIPM	Comité international des poids et mesures
CMI	Český Metrologický Institut/Czech Metrological Institute, Prague et Brno (Rép. tchèque)
CMI-IIR	Český Metrologický Institut/Czech Metrological Institute, Inspectorate for Ionizing Radiation, Prague et Brno (Rép. tchèque)
CNAM*	Conservatoire national des arts et métiers, Paris (France), voir LNE

CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires (Argentine)
CNES	Centre national d'études spatiales, Toulouse (France)
CNRS	Centre national de la recherche scientifique, Paris (France)
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
Codex Alimentarius	: Commission créée par la FAO et l'OMS
CONICET	Argentine Council of Research/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires (Argentine)
COOMET	Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions
CPEM	Conference on Precision Electromagnetic Measurements
CSIRO-ACPO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australian Centre for Precision Optics, Lindfield (Australie)
DFM	Danish Institute of Fundamental Metrology, Lyngby (Danemark)
DZM	State Office for Metrology, Zagreb (Croatie)
EFTF	European Frequency and Time Forum
EIM	Hellenic Institute of Metrology, Athènes (Grèce)
ENFSI	European Network of Forensic Science Institutes
ENS	École normale supérieure, Paris (France)
ESA*	Agence spatiale européenne/European Space Agency, voir ASE
EURAMET	(ex EUROMET) European Association of National Metrology Institutes
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FCS	Frequency Control Symposium
FMI	Finnish Meteorological Institute, Helsinki (Finlande)
GGEO	Laboratory of Geodesy and Geomatics Engineering, La Chanée, Crète (Grèce)
GSO	Gulf Standardization Organization
GT-RF	Groupe de travail du CCEM pour les grandeurs aux radiofréquences
GUM	Central Office of Measures/Główny Urząd Miar, Varsovie (Pologne)
HAEC	Hellenic-American Educational Foundation, Athènes (Grèce)

HIRCL	Ionizing Radiation Calibration Laboratory of the Greek Atomic Energy Commission, Athènes (Grèce)
IAC	Coordination internationale Avogadro/International Avogadro Coordination
IBMETRO	Instituto Boliviano de Metrología, La Paz (Bolivie)
ICAG	Comparaison internationale de gravimètres absolus/ International Comparison of Absolute Gravimeters
ICG	International Committee for GNSS
ICMM	International Conference on Magnetic Materials
ICRM	International Committee for Radionuclide Metrology
ICRP	International Commission on Radiological Protection
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IENS*	<i>voir</i> NRC-IENS
IERS	Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence/International Earth Rotation and Reference Systems Service
IFIN	Institute of Physics of the Romanian Academy, Bucarest (Roumanie)
IGS	International GNSS Service
IIAS	International Institute of Administrative Sciences
IJNO	International Journal of Navigation and Observation
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IMEKO	International Measurement Confederation
iMERA	implementing Metrology in the European Research Area, projet de l'EUROMET
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, San Borja (Pérou)
INER	Institute of Nuclear Energy Research, Taipei (Taipei chinois)
INETI-LME	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação – Laboratório de Medidas Eléctricas, Lisbonne (Portugal)
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Mexico (Mexique)
INM	Institut national de métrologie, Bucarest (Roumanie)
INM*	Institut national de métrologie, <i>voir</i> LNE-INM
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro (Brésil)
INRiM	Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Turin (Italie)
IOP	Institute of Physics, Londres (Royaume-Uni)

IOPP	Institute of Physics Publishing, Londres (Royaume-Uni)
IRD*	<i>voir</i> LNMRI
IRMM	Institut des matériaux et mesures de référence, Commission européenne/Institute for Reference Materials and Measurements, European Commission
ISCII	Institute of Health Carlos III, Madrid (Espagne)
ISO	Organisation internationale de normalisation
ISO DEVCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour les questions relatives aux pays en voie de développement
ISO REMCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour les matériaux de référence
ITN	Instituto Tecnológico e Nuclear, Savacém (Portugal)
IVS	International VLBI Service
JCDCMAS	Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation/ Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization
JCGM	Comité commun pour les guides en métrologie/ Joint Committee for Guides in Metrology
JCRB	Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM/Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
JCTLM	Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire/Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine
KAZInMET	Kazakhstan Institute of Metrology, Astana (Kazakhstan)
KEBS	Kenya Bureau of Standards, Nairobi (Kenya)
KIM-LIPI	Indonesian Institute of Sciences, Serpong-Tangerang (Indonésie)
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon (Rép. de Corée)
LACOMET	Laboratorio Costarricense de Metrología, San Pedro Montes de Oca (Costa Rica)
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay, Montevideo (Uruguay)
LGC	Laboratory of the Government Chemist, Teddington (Royaume-Uni)
LISA	Laser Interferometer Space Antenna, ESA mission

LNE	Laboratoire national de métrologie et d'essais, Paris (France)
LNE-CNAM	Laboratoire national de métrologie et d'essais, Conservatoire national des arts et métiers, Paris (France)
LNE-INM	Laboratoire national de métrologie et d'essais, Institut national de métrologie, Paris (France)
LNE-LNHB	Laboratoire national de métrologie et d'essais, Laboratoire national Henri Becquerel, Gif-sur-Yvette (France)
LNE-SYRTE	Laboratoire national de métrologie et d'essais, Systèmes de référence temps espace, Paris (France)
LNHB*	Laboratoire national Henri Becquerel, <i>voir</i> LNE
LNMRI	Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, Rio de Janeiro (Brésil)
LNMRI-IRD	Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro (Brésil)
LPL	Laboratoire de physique des lasers, Villetaneuse (France)
LPNHE	Unité de recherche de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules et des universités Paris 6 et Paris 7, Paris (France)
METAS	Office fédéral de métrologie, Bern-Wabern (Suisse)
MIKES	Mittatekniikan Keskus/Centre for Metrology and Accreditation, Helsinki (Finlande)
MKEH	Hungarian Trade Licensing Office, Budapest (Hongrie)
MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM/ CIPM Mutual Recognition Arrangement
MSL-IRL	Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Industrial Research Limited, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande)
NAS	National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev (Ukraine)
NCSLI	National Conference of Standards Laboratories, Boulder CO (États-Unis)
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization, Kawasaki (Japon)
NICT	National Institute of Information and Communications Technology, Tokyo (Japon)
NIM	National Institute of Metrology, Beijing (Chine)
NIS	National Institute for Standards, Le Caire (Égypte)
NIST	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD (États-Unis)



NMi VSL	Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas)
NMIA	National Measurement Institute, Australia, Lindfield (Australie)
NMIJ	National Metrology Institute of Japan, Tsukuba (Japon)
NMIJ/AIST	National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba (Japon)
NMISA	National Metrology Institute of South Africa, Pretoria (Afrique du Sud)
NML	National Metrology Laboratory, Dublin (Irlande)
NML-SIRIM	National Metrology Laboratory, Standards and Industrial Research Institute, Shah Alam (Malaisie)
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni)
NPLI	National Physical Laboratory of India, New Delhi (Inde)
NPSL	National Physical and Standards Laboratory, Islamabad (Pakistan)
NRC	Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Canada)
NRC-IENM	Conseil national de recherches du Canada, Institut des étalons nationaux de mesure, Ottawa (Canada)
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
OIT	Organisation internationale du travail
OMH*	Országos Mérésügyi Hivatal/National Office of Measures, Budapest (Hongrie), voir MKEH
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMP	Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse (France)
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONERA	Office national d'études et de recherches aérospatiales, Châtillon (France)
ONUDI	Organisation des Nations unies pour le développement industriel
ORB	Observatoire royal de Belgique, Bruxelles (Belgique)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne)
ROA	Real Observatorio de la Armada, San Fernando (Espagne)
RPA	Radiation Protection Advisers
RWTH	École supérieure polytechnique de Rhénanie-Westphalie/Rheinische-Westfälische Technische Hochschule, Aix-la-Chapelle (Allemagne)

SIM	Système interaméricain de métrologie/ Sistema Interamericano de Metrología
SMD	Direction générale Qualité et Sécurité, Division métrologie, ministère des Affaires économiques, Bruxelles (Belgique)
SMU	Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Institute of Metrology, Bratislava (Slovaquie)
SPRING*	Standards, Productivity and Innovation Board, Singapore (Singapore), <i>voir</i> A*STAR
SRPA	Swedish Radiation Protection Authority, Stockholm (Suède)
SSI	Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm (Suède)
SUNAMCO	Symbols, Units, Nomenclature, Atomic Masses and Fundamental Constants, Commission de l'UIPPA, <i>voir</i> UIPPA
SYRTE*	Systèmes de référence temps espace, <i>voir</i> LNE
TC	Comité technique/Technical Committee
TGSMM	Terrestrial Gravimetry, Static and Mobile Measurements International Symposium
UAI	Union astronomique internationale
UBA	Umweltbundesamt/Federal Environmental Agency, Dessau-Roßlau (Allemagne)
UFFC	IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Society, <i>voir</i> IEEE
UGGI	Union géodésique et géophysique internationale
UIT	Union internationale des télécommunications
USNO	U.S. Naval Observatory, Washington DC (États-Unis)
USP	United States Pharmacopeia, Rockville (États-Unis)
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas, Montevideo (Uruguay)
VAMAS	Versailles Project on Advanced Materials and Standards
VMI	Vietnam Metrology Institute, Hanoi (Viet Nam)
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendelév, Rostekhreguliro- vaniye de Russie, Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie)
VSL*	Van Swinden Laboratorium, <i>voir</i> NMi VSL
ZMDM*	Bureau des mesures et métaux précieux, Belgrade (Serbie), <i>voir</i> DMDM

## 2 Sigles des termes scientifiques

BMC	Meilleure aptitude de mesure/Best Measurement Capability
CMC	Aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages/ Calibration and Measurement Capabilities
EAL	Échelle atomique libre
FTIR	Spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier/ Fourier Transform Infrared Technique
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GUM	<i>Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure/ Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement</i>
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés/ BIPM key comparison database
KTP	Potassium Titanyle Phosphate
LC	Chromatographie en phase liquide/Liquid Chromatography
MS	Spectrométrie de masse/Mass Spectrometry
PPP	Logiciel de positionnement précis/Precise Point Positioning
SI	Système international d'unités
SINIS	Supraconducteur-isolant métal-normal-isolant- supraconducteur
SIR	Système international de référence pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayonnement gamma
SNS	Supraconducteur-normal-supraconducteur
SRP	Photomètre étalon de référence/Standard Reference Photometer
TAI	Temps atomique international
TDCR	Rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles/ Triple-to-Double Coincidence Ratio Technique
TT	Temps terrestre
TWSTFT	Comparaison de temps et de fréquence par aller et retour sur satellite/Two-way Satellite Time and Frequency Transfer
UTC	Temps universel coordonné
UV	Ultraviolet
VIM	<i>Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (3<sup>e</sup> édition)</i>
VLBI	Interférométrie à très longue base/Very Long Baseline Interferometry

VPN	Réseau privé virtuel/Virtual Private Network
YAG	Grenat d'yttrium-aluminium/Yttrium Aluminium Garnet