

COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

RAPPORT,

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE 1930

ET

ANNEXES.

LISTE DES MEMBRES
DU
COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

Président :

M. le Sénateur V. VOLTERRA, Président du Comité international des Poids et Mesures.

Président délégué :

M. PAUL JANET, Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

Membres :

Pour la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, *Berlin* :
M. le Professeur H. VON STEINWEHR, Membre de la Reichsanstalt.

Pour le Bureau of Standards, *Washington* : M. le
D^r H. B. BROOKS, Membre du Bureau of Standards.

Pour le National Physical Laboratory, *Teddington* : M. le
D^r D. W. DYE, Assistant au National Physical Laboratory.

Pour le Laboratoire central d'Électricité, *Paris* : M. R.
JOUAUST, Sous-Directeur du Laboratoire.

Pour le Laboratoire électrotechnique de l'École Royale
d'Ingénieurs, *Rome* : M. le Professeur L. LOMBARDI,
Directeur du Laboratoire.

Pour le Laboratoire électrotechnique, *Tokyo* : M. R. YONEDA, Ingénieur au Laboratoire.

Pour la Chambre centrale des Poids et Mesures, *Lenin-grad* : M. le Professeur M. CHATELAIN, Président de la Chambre centrale.

Pour le Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres* : M. CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau.

Experts :

M. W. DZIOBEK, Membre de la Reichsanstalt.

M. J. W. T. WALSH, Membre du National Physical Laboratory.

M^{me} A. FOEHRINGER, de l'Observatoire Géophysique de Leningrad, Adjoint au Professeur Châtelain.

Invités :

M. J. BLONDIN, Directeur de la *Revue générale de l'Électricité, Paris*.

M. F. CELLERIER, Directeur du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, *Paris*.

M. L. MAUDET, Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

M. A. PÉRARD, Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

M. C. VOLET, Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures, *Sèvres*.

COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

SESSION DE 1930

DEUXIÈME RAPPORT

DU COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ
AU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES,

par M. L. LOMBARDI, Rapporteur.

Le Comité consultatif d'Electricité a tenu sa deuxième Session à Paris du 23 au 25 juin 1930. La convocation avait été faite par le Bureau international des Poids et Mesures, suivant des accords préalables, de façon à permettre la fréquentation aux membres étrangers, qui devaient participer à la deuxième Réunion plénière de la Conférence mondiale de l'Énergie, à Berlin, dès le 16 juin, et à la septième Assemblée plénière de la Commission électrotechnique internationale en Scandinavie, à partir du 27 juin.

En effet, le Comité consultatif s'est trouvé au complet dès la première séance. Étaient présents six membres délégués par les Laboratoires nationaux :

M. H. B. Brooks, en remplacement de M. George K. Burgess, pour le Bureau of Standards de Washington;
M. M. Châtelain pour la Chambre centrale des Poids et Mesures de Leningrad;

- M. D. W. Dye pour le National Physical Laboratory de Teddington;
M. R. Yoneda pour le Laboratoire électrotechnique de Tokyo;
M. R. Jouaust pour le Laboratoire central d'Électricité de Paris;
M. H. von Steinwehr pour la Reichsanstalt de Berlin; et ses deux membres élus nominativement :
M. Ch.-Éd. Guillaume, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures à Sèvres;
M. L. Lombardi, Directeur du Laboratoire électrotechnique de l'École royale des Ingénieurs de Rome.

La présidence du Comité était confiée à M. P. Janet, Directeur du Laboratoire central d'Électricité; M. le Sénateur V. Volterra prenait part à la session en qualité de Président du Comité international des Poids et Mesures; MM. F. Cellerier du Conservatoire national des Arts et Métiers, Dziobek de la Reichsanstalt, Walsh du National Physical Laboratory et M^{me} Foehringer de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S. assistaient à la session en qualité d'experts; MM. L. Maudet, A. Pérard et C. Volet, adjoints au Bureau international des Poids et Mesures, en qualité d'invités.

S'étaient excusés : MM. James Chapuis, expert, et Maurice Leblanc, invité.

Sur la demande de M. le Président, M. Pérard ayant accepté la tâche de Secrétaire du Comité consultatif, a rédigé soigneusement les Procès-verbaux des séances, annexés au Rapport actuel. Font suite les Notes et les Rapports préliminaires, rédigés par le Bureau international et par plusieurs Laboratoires nationaux sur l'état des travaux préparatoires, et sur différentes questions mises à l'ordre du jour, auxquels on pourra se référer

pour tous les détails, suivant le système adopté dans le Rapport de la première Session. La relation suivante sera donc limitée à un exposé restreint des problèmes plus importants, qui ont été soumis au Comité consultatif, et des résolutions adoptées, qui formeront l'objet des nouvelles propositions au Comité international des Poids et Mesures. Pour en faciliter l'examen, les différentes questions seront groupées par chapitres correspondants, abstraction faite de l'ordre des discussions, qu'on trouve fidèlement reproduit dans les procès-verbaux des séances.

Encore une fois, le Comité consultatif désire exprimer sa sincère reconnaissance au Bureau international des Poids et Mesures, au Laboratoire central d'Électricité, et au Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la gracieuse hospitalité qu'ils ont bien voulu lui accorder, et pour la précieuse collaboration que leurs membres, ainsi que les autres experts, ont prêtée à ses travaux. La valeur des résultats, qu'on a acquis, est certainement augmentée par l'entente cordiale qui a régné dans toutes les discussions, et qui a permis encore une fois d'arriver à un accord unanime dans toutes les décisions.

Pour cette raison le Comité consultatif espère voir ses nouvelles propositions acceptées par le Comité international, avec autant de bienveillance que les premières, dont l'approbation complète a constitué pour lui un titre d'orgueil et un puissant encouragement.

I. — UNITÉS ET MESURES PHOTOMÉTRIQUES

Le Comité consultatif d'Électricité a été chargé de la question des unités et mesures photométriques par la résolution suivante, adoptée par le Comité international des Poids et Mesures, sur la proposition de M. Châtelain, dans la séance du 12 juin 1929 :

« 1° Le Comité international des Poids et Mesures, considérant l'importance qu'il y a à unifier les méthodes employées en photométrie, décide d'entreprendre l'étude de la question de l'adoption d'un système international des unités de lumière.

» 2° Dans ce but, le Comité international charge le Comité consultatif d'Électricité de le conseiller sur toutes les questions relatives aux méthodes de mesures et aux unités et étalons de lumière.

» 3° Le Comité international des Poids et Mesures donne pouvoir au Comité consultatif de solliciter, pour l'étude de ces questions, la collaboration des Laboratoires nationaux et de la Commission internationale de l'Éclairage. »

Les raisons principales, qui justifient l'intervention du Comité international dans la juridiction des unités et mesures photométriques, ont été suffisamment développées par M. G. K. Burgess dans un memorandum, transmis au Comité consultatif le 10 avril 1930, et annexé à ce Rapport. Dans ce memorandum est très bien résumé l'état présent des étalons d'intensité lumineuse, et sont rappelées les résolutions adoptées à Genève en 1924 par la Commission internationale de l'Éclairage, à l'égard de l'étalon primaire de lumière, rapporté à la brillance d'un corps noir convenablement choisi, et sont montrés, les avantages que le point de solidification du platine peut présenter comme température fondamentale de référence, en admettant que des températures plus élevées soient réalisées moyennant la fusion d'autres substances, lorsqu'on voudra atteindre des colorations plus proches de celles des lampes ordinaires, ou qu'on ait recours à des filtres appropriés, pour éliminer les différences de fonction entre les sources à comparer.

M. Burgess a encore discuté dans son mémorandum les conditions que l'unité fondamentale de lumière doit remplir, et mis en évidence la nécessité d'unifier celles qui sont employées dans la pratique, et d'exécuter des comparaisons exactes et périodiques entre les étalons secondaires qui existent dans les Laboratoires nationaux, de façon à maintenir l'uniformité désirable, avec la sanction supérieure du Comité international des Poids et Mesures. Pour atteindre des résultats satisfaisants dans la comparaison des lampes commerciales, dont la lumière est différemment colorée, l'auteur a préconisé l'emploi possible de filtres colorés, dont on puisse mesurer exactement les coefficients de transmission; ou de lampes étalons, ayant elles-mêmes des colorations différentes; ou de lampes étalons, dont la variation d'intensité avec la tension ou le courant soit représentée par une équation acceptable dans un intervalle convenablement étendu. L'emploi des filtres colorés est à l'étude dans plusieurs laboratoires, qui cependant n'ont pas encore annoncé des résultats définitifs.

Le même auteur a encore transmis au Comité consultatif d'Électricité, au mois de mai, un projet concernant l'étalon primaire de lumière, suivant la proposition préliminaire faite par MM. Waidner et Burgess dans l'*Electrical World* de 1908 (p. 625) qui a été développée récemment par Wensel, Roeser, Barbrow et Caldwell dans le Bureau of Standards; sur cette question, un rapport ayant paru dans le *Journal of Research* du Bureau, et le projet même étant annexé à ce rapport, il ne semble pas nécessaire d'en reproduire ici les détails.

L'étalon est constitué par un radiateur intégral ou corps noir, fonctionnant dans du platine pur, chauffé par induction magnéto-électrique, et maintenu à son point de solidification.

L'unité de lumière actuelle (bougie internationale) serait représentée par un radiateur de ce type avec une aire projetée, normale à la ligne visuelle, de $1^{\text{mm}^2},700$.

Le projet contient les spécifications nécessaires pour la construction et l'emploi pratique de l'étalon, avec les données et les dessins relatifs au modèle soumis aux expériences entreprises au Bureau of Standards; on y rappelle les résultats acquis dans la détermination de la transmission de la lentille et du prisme employés, suivant deux méthodes différentes, qui se trouvent en accord presque parfait. De son côté, la valeur de la brillance du corps noir au point de solidification du platine, mesurée par cet appareil au Bureau de Washington, est en accord satisfaisant avec le résultat obtenu, à la Reichsanstalt, par MM. Brodhun et Hoffmann.

M. Burgess concluait son mémorandum, qui a formé la base des discussions du Comité consultatif sur la question des unités et mesures photométriques, par les propositions suivantes :

a. Étalon primaire. — 1° Le Comité consultatif d'Électricité appuie l'opinion de la Commission internationale de l'Éclairage, suivant laquelle un radiateur à corps noir, utilisé dans des conditions déterminées, devrait être adopté comme étalon primaire de lumière.

2° Le Comité consultatif recommande que le point de solidification du platine pur soit adopté comme température de référence fondamentale pour le corps noir.

3° Le Comité consultatif prie les différents laboratoires nationaux d'examiner les spécifications pour la construction et la mise en pratique du corps noir, soumises par le Bureau of Standards, et de présenter leurs opinions relatives aux moyens pratiques d'adopter l'étalon ainsi déterminé.

4° Le Comité consultatif recommande d'effectuer d'autres déterminations sur la brillance du radiateur à corps noir, particulièrement dans les conditions prescrites pour les spécifications

proposées, ou au moins dans des conditions comparables aux conditions prescrites.

b. Unités de lumière. — 1° Le Comité consultatif estime qu'il ne serait pas pratique de changer l'unité employée communément dans plusieurs pays depuis 1909, et adoptée par la Commission internationale de l'Éclairage.

2° Le Comité consultatif exprime le désir que tous les pays puissent arriver à accepter cette unité, afin de réaliser l'uniformité des mesures.

c. Conservation des unités. — 1° Le Comité consultatif propose que les laboratoires nationaux échangent et comparent immédiatement des groupes de lampes à filament de carbone, ou d'autres lampes utilisées avec une couleur correspondante, et qu'ils présentent au Comité international des Poids et Mesures des informations précises se rapportant aux valeurs relatives des unités d'intensité lumineuse telles qu'elles sont conservées aujourd'hui dans les différents laboratoires.

2° Supposant que les différences établies sur la base de telles comparaisons soient éliminées par un accord entre les laboratoires nationaux, le Comité consultatif propose d'effectuer à l'avenir des comparaisons périodiques sous les auspices du Comité international.

3° Appréciant l'importance de l'uniformité et de la continuité dans les valeurs d'étalons secondaires matériels, le Comité consultatif recommande que les ajustements futurs de ces valeurs, qui pourraient devenir nécessaires pour les rapporter à l'étalon primaire, se fassent par une convention internationale, approuvée par le Comité international des Poids et Mesures.

d. Étalons secondaires pour des lumières de couleurs différentes. — 1° Le Comité consultatif reconnaît l'importance des recherches qu'exécutent en collaboration les laboratoires nationaux sur la mesure de la transmission de filtres colorés, et exprime l'espoir que ces recherches conduiront à un accord sur une méthode généralement acceptée pour effectuer de telles mesures, aussi bien que sur les valeurs adoptées pour les différents filtres.

2° Le Comité consultatif sera heureux de recevoir, pour sa propre information, et pour leur transmission au Comité inter-

national des Poids et Mesures, les rapports sur le progrès de ces recherches, susceptibles d'être publiés.

3° Le Comité consultatif espère également qu'un accord sur les méthodes de mesure des lumières de différentes couleurs puisse être préparé de manière à être pris en considération par la Commission internationale de l'Éclairage dans sa session de 1931.

e. Fonctions du Comité international et du Bureau international. — 1° Le Comité consultatif est d'avis qu'il serait désirable que le Comité international des Poids et Mesures se chargeât du travail international sur les unités et étalons photométriques, afin d'éviter la duplication de l'organisation et la division de la compétence.

2° Le Comité consultatif recommande, cependant, que le Comité international continue à demander l'avis et la coopération de la Commission internationale de l'Éclairage, puisque ladite Commission représente les organismes qui s'occupent le plus des mesures de la lumière.

3° Le Comité consultatif s'attend à ce que le Bureau international des Poids et Mesures remplisse à l'avenir, pour les étalons photométriques, les fonctions qu'il a acceptées pour les étalons électriques; mais, étant donné son personnel restreint actuel, ses opérations seront limitées pour quelque temps encore au secrétariat qui lui incombe, en vue de l'échange et de la comparaison des étalons.

Ayant été précédemment communiquées à tous les membres du Comité consultatif d'Électricité, les propositions de M. Burgess avaient été examinées, avant la réunion, par les membres du Comité exécutif du National Physical Laboratory, qui, dans une Note distribuée la veille, s'étaient déclarés d'accord sur presque toutes les questions concernant la technique des unités de lumière, mais avaient attiré l'attention sur certains points méritant la discussion. En particulier, même en approuvant l'adoption d'un corps noir rayonnant comme étalon primaire de lumière, décidée par la Commission internationale de l'Éclairage, ils croyaient devoir réserver l'adoption du point de fusion du platine comme température fondamentale de référence, jusqu'à

ce qu'il soit possible de prendre en considération les autres méthodes qui sont présentement à l'étude, et par lesquelles l'étalon primaire sera peut-être réalisé autrement; ils se déclaraient en faveur de la bougie internationale comme unité provisoire, et en souhaitaient l'adoption par tous les laboratoires; ils appuyaient la proposition d'échanger périodiquement les étalons secondaires entre les laboratoires nationaux, et souhaitaient la publication des résultats des mesures récentes sur la transmission des filtres colorés, exécutées sur la demande de la Commission internationale de l'Éclairage par plusieurs laboratoires nationaux.

En dehors de ces questions strictement techniques, le Comité exécutif du National Physical Laboratory, envisageant le rôle du Comité international des poids et mesures dans les questions de lumière et de photométrie, remarquait que les fonctions attribuées au Comité consultatif d'Électricité sont déjà importantes et ardues, et émettait l'opinion qu'il fût nécessaire de former un Comité d'experts en photométrie, dans le cas où le Bureau international devrait s'en occuper; cependant il croyait que les liens déjà existants entre les Laboratoires nationaux et la Commission internationale de l'Éclairage étaient amplement suffisants pour les besoins actuels.

De son côté, M. Paschen, président de la Reichsanstalt, avait écrit à M. Guillaume au mois de mai une lettre, dans laquelle il faisait des réserves analogues sur l'opportunité que le Comité consultatif d'Électricité eût à s'occuper aussi des unités photométriques. A cet égard, M. P. Janet, à qui la lettre avait été communiquée, avait répondu qu'il ne voyait dans la chose aucun inconvénient, le point de vue auquel ce Comité devra envisager la question étant, en effet, tout différent de celui sous lequel elle se présente à la Commission internationale de l'Éclairage. Dans sa lettre M. P. Janet énonçait brièvement le

programme que le Comité et la Commission devraient suivre, et préconisait entre les deux une entente indispensable,

La lettre de M. P. Janet, annexée à ce Rapport, est suivie d'une Note sur la comparaison des étalons de flux lumineux au Laboratoire central d'Électricité avec ceux du National Physical Laboratory et de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

La Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S. a également présenté au Comité consultatif d'Électricité un Rapport très intéressant sur *les Comparaisons internationales des unités de lumière, suivies d'un exposé de quelques problèmes actuels de la photométrie moderne.*

Le Comité consultatif d'Électricité, sur la base des observations et propositions qui lui avaient été soumises, a examiné attentivement les questions des unités et mesures photométriques pendant sa première et seconde séance, et a longuement discuté le rôle qui pouvait être réservé au Bureau international d'après la résolution du Comité international des Poids et Mesures et les suggestions avancées de différents côtés.

La question la plus urgente était de décider si le Comité consultatif lui-même devait dès maintenant s'occuper des problèmes de lumière et de photométrie qui lui avaient été confiés par le Comité international, en complétant sa composition par l'adjonction d'experts ou de nouveaux membres pourvus de compétences particulières dans cette matière; ou s'il devait proposer pour ce but la formation d'un Comité spécial. Les idées des membres et des experts présents étaient à cet égard remarquablement divisées. M. Janet, en ouvrant la discussion, avait tout d'abord proposé d'élargir le Comité actuel, en procédant à la nomination de deux nouveaux membres, qui complèteraient à 10 le chiffre

maximum voté par la Septième Conférence générale des Poids et Mesures, et d'en changer la dénomination en celle de Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie; à cette proposition M. Volterra et plusieurs membres du Comité étaient favorables. Cependant les deux experts, MM. Walsh et Dziobek, appuyés par leurs collègues MM. Dye et v. Steinwehr, étaient nettement de l'avis, que l'adjonction de deux membres ne serait pas suffisante, et que, en conformité du rapport britannique, il aurait fallu constituer un Comité consultatif de Photométrie, tout à fait indépendant du Comité électrique, ou laisser les choses dans l'état actuel, jusqu'au moment où la tâche de la Commission internationale de l'Éclairage pourra être transmise au Bureau international des Poids et Mesures.

Étant donné le caractère privé de la Commission internationale de l'Éclairage, qui n'a aucun pouvoir exécutif, tandis que le Comité consultatif pourra toujours proposer des décisions officielles au Comité international des Poids et Mesures, les rôles que les deux Institutions pourront remplir paraissent nettement séparés. D'un autre côté la compétence générale du Comité consultatif d'Électricité, pour conseiller le Comité international des Poids et Mesures sur toute question relative aux unités et mesures photométriques, avait été reconnue par ce dernier Comité, et pouvait s'expliquer tout de suite, tandis que la création d'un nouveau Comité consultatif aurait dû être renvoyée à la prochaine réunion de la Conférence, ce qui entraînerait une perte de temps assez sérieuse.

Le fondement de ces raisons développées par MM. Châtelain, Jouaust et Lombardi, et complètement partagées par M. Janet et par M. Volterra, a été suffisamment reconnu par plusieurs autres membres et par deux des experts, de façon que la majorité du Comité s'est enfin

trouvée d'accord sur les concepts que le Président avait énoncés au début.

Par conséquent, en envisageant le rôle que le Bureau international aurait pu remplir dans le nouveau domaine dans lequel le Comité international s'est engagé, MM. Janet et Lombardi ont rédigé une résolution provisoire, qui est inscrite dans le procès-verbal de la deuxième séance, et à laquelle on peut se rapporter pour simplifier.

La proposition a été l'objet d'une longue discussion, MM. Walsh et Dziobek n'étant pas d'accord sur la tâche à attribuer au Bureau international, et sur la nécessité de réserver dès le commencement, dans la création des nouveaux Laboratoires, une section spéciale pour les recherches et travaux photométriques.

Le rapporteur actuel fit bien ressortir que la constitution de cette section était strictement inhérente à la mission, confiée au Bureau par le Comité international des Poids et Mesures, à laquelle le Bureau n'avait aucune raison de se soustraire, et dont il ne pouvait différer l'exécution; qu'en tout cas il aurait fallu réserver à la Conférence générale des Poids et Mesures la constitution éventuelle d'un Comité consultatif spécial, parce qu'elle seule ait eu le pouvoir de modifier sa décision précédente; que, en attendant, rien n'empêchait le Bureau de prendre part aux recherches photométriques, autant que le lui permettaient les moyens dont il dispose, tandis qu'il pouvait dès le commencement centraliser et coordonner avec grand avantage les résultats acquis par les différents laboratoires nationaux, d'une façon analogue à celle envisagée pour les étalons et les mesures électriques; qu'enfin d'autres laboratoires privés auraient pu lui transmettre leurs résultats par l'intermédiaire des laboratoires nationaux, autant que ceux-ci les auraient jugés dignes.

A ces observations se ralliaient complètement le prési-

dent et plusieurs membres du Comité consultatif avec deux des experts, de façon que la résolution proposée, avec une petite modification, fut acceptée à la fin sans opposition ultérieure, et le Comité consultatif, à l'unanimité, a l'honneur de la soumettre à l'approbation du Comité international des Poids et Mesures, dans la forme définitive suivante :

Le Comité consultatif d'Électricité, ayant été chargé par le Comité international des Poids et Mesures de le conseiller sur toutes les questions relatives aux méthodes de mesure et aux unités et étalons de lumière, et autorisé à solliciter pour l'étude de ces questions la collaboration des laboratoires nationaux et de la Commission internationale de l'Éclairage; croit devoir, avant tout, reconnaître la valeur exceptionnelle des recherches qui ont été exécutées dans le domaine photométrique par plusieurs laboratoires nationaux et privés, et exprimer l'espoir que ces recherches soient poursuivies avec la plus grande activité; apprécie également l'importance des travaux dirigés dans le même but par la Commission internationale de l'Éclairage, qui pourra continuer très utilement à les poursuivre avec le concours des différents comités nationaux adhérents; estime cependant qu'un rôle spécial doit être réservé au Bureau international des Poids et Mesures pour l'unification des unités et des étalons de lumière.

Pour atteindre ce but, le Comité consultatif d'Electricité émet les vœux suivants :

a. Que sa composition soit élargie par l'adjonction de membres effectifs et d'experts particulièrement compétents dans les questions photométriques, de façon à assurer au Bureau international l'assistance technique et scientifique nécessaire, en réservant à la Conférence générale des Poids et Mesures le soin de prendre une décision sur l'opportunité éventuelle de constituer dans ce but un Comité consultatif spécial;

b. Que, dans la création des nouveaux laboratoires du Bureau international, une section spéciale soit réservée aux recherches et aux travaux photométriques;

c. Qu'en attendant que ce Laboratoire soit convenablement

ouillé pour participer aux recherches susdites, le Bureau international prene la charge de centraliser et coordonner les résultats qui seront acquis par les différents Laboratoires nationaux.

Les différentes questions techniques, inhérentes à l'unité de lumière et aux étalons primaires et secondaires, soulevées par M. George K. Burgess dans son mémorandum, ont été préalablement examinées par une Commission composée de MM. Brooks, Châtelain, Dziobek, Jouaust, Lombardi, Walsh et Yoneda, avec l'assistance de M. F. Cellerier en qualité d'expert, et les discussions y relatives ont été diligemment résumées par M. R. Jouaust dans le Rapport annexé au procès-verbal de la troisième séance, qui a été adopté à l'unanimité par le Comité consultatif.

On aperçoit de ces discussions les raisons qui ont justifié de la part de la Commission la suppression de la Section 2 dans le paragraphe *a* des propositions de M. Burgess, relative à l'adoption du point de solidification du platine comme température de référence fondamentale pour le corps noir, étant donné que des recherches importantes sont en cours en Allemagne pour la réalisation d'un étalon de lumière à température plus élevée, et en Angleterre pour l'utilisation d'un corps noir à la même température, mais dans des conditions totalement différentes de celles envisagées par le Bureau of Standards. De la même façon la Commission a proposé, et le Comité consultatif a ratifié, la suppression de la Section 3 dans le paragraphe *d* des propositions de M. Burgess, pour éviter toute collision de compétence avec la Commission internationale de l'Éclairage; et du paragraphe *e* tout entier, qu'on a considéré comme absorbé par la Résolution préliminaire déjà approuvée. D'autres petites modifications ayant été introduites dans les différents paragraphes, le texte des résolutions de caractère technique, proposé par

la Commission et ratifié par le Comité consultatif, a pris la forme suivante :

a. Étalon primaire. — 1° Le Comité consultatif d'Électricité appuie l'opinion de la Commission internationale de l'Éclairage, suivant laquelle un radiateur à corps noir, utilisé dans des conditions déterminées, devrait être adopté en l'état actuel de la technique, comme étalon primaire de lumière;

2° Le Comité consultatif prie les différents laboratoires nationaux d'examiner les spécifications pour la construction et la mise en pratique du corps noir, soumises par le Bureau of Standards, et de présenter leurs opinions relatives aux moyens pratiques d'adopter l'étalon ainsi déterminé;

3° Le Comité consultatif recommande d'effectuer d'autres déterminations sur la brillance du radiateur à corps noir, particulièrement dans les conditions prescrites pour les spécifications proposées, ou au moins dans des conditions comparables aux conditions prescrites.

b. Unités de lumière. — 1° Le Comité consultatif estime qu'il ne serait pas pratique de changer l'unité employée communément dans plusieurs pays depuis 1909, et adoptée par la Commission internationale de l'Éclairage.

2° Le Comité consultatif exprime le désir que tous les pays puissent arriver à accepter cette unité afin de réaliser l'uniformité des unités, aussitôt que certaines questions actuellement à l'étude seront résolues.

c. Conservation des unités. — 1° Le Comité consultatif propose que les laboratoires nationaux échangent et comparent immédiatement des groupes de lampes à filament de carbone, ou d'autres lampes utilisées, avec une couleur correspondante, et qu'ils présentent au Comité international des Poids et Mesures des informations précises se rapportant aux valeurs relatives des unités d'intensité lumineuse, telles qu'elles sont conservées aujourd'hui dans les différents laboratoires;

2° Supposant que les différences établis sur la base de telles comparaisons soient éliminées par un accord entre les laboratoires nationaux, le Comité consultatif propose d'effectuer à l'avenir des comparaisons périodiques sous les auspices du Comité international;

3° Appréciant l'importance de l'uniformité et de la continuité

dans les valeurs d'étalons secondaires matériels, le Comité consultatif recommande que les ajustements futurs de ces valeurs, qui pourraient devenir nécessaires pour les rapporter à l'étalon primaire, soient obtenues par une convention internationale, approuvée par le Comité international des Poids et Mesures.

d. Étalons secondaires pour des lumières de couleurs différentes. — 1^o Le Comité consultatif reconnaît l'importance des recherches qu'exécutent en collaboration les laboratoires nationaux sur la mesure de la transmission de filtres colorés, et exprime l'espoir que ces recherches conduiront à un accord sur une méthode généralement acceptée pour effectuer de telles mesures, aussi bien que sur les valeurs adoptées pour les différents filtres;

2^o Le Comité consultatif sera heureux de recevoir, pour sa propre information, et pour leur transmission au Comité international des Poids et Mesures, des rapports sur les progrès de ces recherches, susceptibles d'être publiés.

II. — UNITÉS ÉLECTRIQUES.

La question des unités électriques est la première et la plus importante, dont le Comité consultatif avait été saisi dès sa constitution, et, dans sa première Session, il a formulé à cet égard des propositions, que le Comité international des Poids et Mesures, a bien voulu approuver sans exception, et qui sont consacrées dans le premier rapport de M. George K. Burgess. Suivant les vœux émis à cette occasion, plusieurs laboratoires nationaux ont poursuivi leurs recherches, ayant pour but de fixer avec toute l'exactitude nécessaire les rapports qui existent entre les unités absolues dérivées du système C. G. S. et les unités internationales de force électromotrice et de résistance, représentées par leurs étalons primaires. Des rapports très importants sur la question ont été rédigés et transmis au Comité consultatif par le Bureau of Standards, par le National Physical Laboratory, par la Chambre centrale des

Poids et Mesures de l'U. R. S. S. et par le Laboratoire électrotechnique de Tokyo.

Tous ces rapports sont annexés aux Procès-verbaux des séances, qui font suite à ce Rapport; dans celui-ci il paraît suffisant d'en rappeler les conclusions générales.

Le premier rapport par ordre chronologique a été rédigé par MM. Takatsu et Jimbo du Laboratoire électrotechnique japonais, et contient les résultats des comparaisons, effectuées en 1928-1929 par M. Jimbo dans les Laboratoires nationaux d'Allemagne, d'Angleterre et d'Amérique entre les étalons respectifs de résistance et de force électromotrice, et un certain nombre d'étalons japonais et russes, transportés par lui-même. Les auteurs arrivent à la conclusion que les étalons primaires des différents laboratoires nationaux ne sont pas encore en accord satisfaisant, et suggèrent certaines précautions à observer dans leur conservation, leur comparaison et leur transport.

Ce rapport a été accompagné par un commentaire de M. Takatsu, Directeur du Laboratoire de Tokyo, sur la question de l'adoption des unités absolues, qui concluait par les propositions suivantes :

Le Bureau central devrait prendre soin de la préparation d'un certain nombre de bobines de manganine, ayant la résistance de 1 ohm et une composition uniforme et appropriée; en faire la comparaison préliminaire, et les distribuer entre les laboratoires nationaux.

Ceux-ci devraient tous réaliser l'étalon primaire de l'ohm international à mercure, suivant les prescriptions de la conférence de Londres, et comparer avec lui les étalons secondaires reçus, en les renvoyant, à la main, au Bureau international pour une nouvelle comparaison. La valeur de l'ohm international devrait être déterminée comme moyenne des unités réalisées dans tous les laboratoires nationaux.

Une spécification nouvelle devrait être rédigée pour la construction de l'élément Weston et pour l'emploi du voltamètre à

argent, par lequel des éléments devraient être comparés dans les laboratoires nationaux, et transférés ensuite au Bureau international, pour y être comparés de nouveau, et servir de base dans la détermination de l'unité internationale de force électromotrice.

Le rapport de M. Burgess, qui porte la date du 26 mai 1930, rappelle d'abord la recommandation du Comité international des Communications radioélectriques, adressée de La Haye en septembre 1929 au Bureau international des Poids et Mesures, pour obtenir qu'il étudie la possibilité d'organiser des comparaisons internationales d'étalons nationaux de fréquence. Le Comité consultatif d'Électricité n'avait pas le pouvoir de se prononcer sur cette matière, mais il est tout disposé à s'occuper de la question, si la demande est sanctionnée par le Comité des radio-communications à sa prochaine réunion de Madrid, et acceptée par le Comité international des Poids et Mesures.

M. Burgess donne ensuite les résultats d'autres comparaisons, effectuées pendant l'année dernière entre les étalons de résistance et de force électromotrice du Bureau of Standards et ceux des autres laboratoires nationaux, de façon à compléter les tableaux de M. Jimbo, et conclut en proposant que le Comité consultatif sanctionne les valeurs provisoires à adopter pour les unités internationales, ou recommande la publication des résultats acquis par les laboratoires nationaux; il donne de son côté des renseignements sur les progrès effectués au Bureau de Washington dans les mesures absolues de résistance et de courant; discute les propositions contenues dans le commentaire de M. Takatsu, avec une partie desquelles il se déclare substantiellement d'accord, tandis que pour certaines autres il propose diverses modifications.

Un rapport analogue, concernant la situation actuelle des étalons électriques et les travaux accomplis pour la détermination absolue des unités de courant, de résistance

et de force électromotrice, a été présenté après la réunion par le National Physical Laboratory, dont le Comité exécutif avait déjà examiné, dans un memorandum, les différentes questions se rapportant à l'équipement du Bureau international pour les mesures de résistance et de force électromotrice, et aux comparaisons périodiques à exécuter entre les étalons des laboratoires nationaux. Ce Comité suggérerait aussi l'adoption d'une valeur moyenne pour l'unité internationale de résistance, jusqu'au moment où l'on possèdera un nombre suffisant de mesures absolues pour rendre possible l'attribution de valeurs précises aux étalons en fonction de l'ohm absolu. Il concluait à son tour par plusieurs propositions, qui s'accordaient en partie avec celles des Laboratoires de Tokyo et de Washington. Toutes ces propositions, et celles contenues dans la lettre déjà citée de M. Paschen, président de la Reichsanstalt, et dans le Rapport de la Chambre centrale des Poids et Mesures de Leningrad, distribuées pendant la session, ont formé préalablement la base des discussions d'une Commission technique, nommée par le Comité consultatif d'Électricité, et composée de M^{me} Foehringer et de MM. Dye et von Steinwehr. Le rapport de cette Commission, soigneusement rédigé par M^{me} Foehringer, a été approuvé à l'unanimité par le Comité consultatif dans sa troisième séance, et les conclusions suivantes ont été adoptées pour la communication au Comité international des Poids et Mesures :

1^o *Concernant l'unité de résistance, l'ohm*, vu que les méthodes de détermination de l'ohm absolu sont suffisamment avancées, et que la concordance entre les mesures des bobines (unités secondaires) des différents laboratoires reste dans les limites de précision des mesures, il n'est pas nécessaire, pour le moment, de reprendre les comparaisons des bobines de résistance avec les ohms à mercure.

2^o *Quant aux unités de force électromotrice*, au contraire,

les comparaisons internationales des éléments montrent des différences dépassant les limites de la précision possible, entre les valeurs de la force électromotrice des étalons de différents pays. Les membres de la Commission trouvent qu'il est indispensable de refaire les déterminations de la force électromotrice des éléments Weston internationaux dans chaque laboratoire national par la méthode du voltamètre à argent.

Les conditions de travail avec le voltamètre à argent sont suffisamment précisées dans le rapport du Congrès international tenu à Washington en 1910. Les membres de la Commission recommandent pourtant à l'attention des laboratoires, comme dispositif à employer, celui de Smith ou de Kohlrausch, en évitant toute substance organique, qui est nuisible au dépôt électrolytique.

Les groupes d'éléments Weston, préparés dans les divers laboratoires, peuvent être considérés comme suffisamment constants, jusqu'à ce que l'unité absolue du courant soit établie.

En ce qui concerne la collaboration du Bureau international, la Commission présente les propositions suivantes :

1° Le Bureau international devra être équipé de façon à pouvoir comparer les étalons de résistance de 1 ohm avec une précision d'un millionième.

Le type d'équipement devra être discuté et fixé par le Comité consultatif.

2° Le Bureau international devra aussi s'équiper de même pour la comparaison d'éléments étalons de force électromotrice à un millionième près. Le genre d'équipement devra être également discuté et approuvé par le Comité consultatif.

3° Les divers laboratoires nationaux déposeront chacun au Bureau, à titre de prêt, deux bobines étalons de 1 ohm et un groupe d'au moins douze éléments étalons.

4° Les comparaisons de ces étalons au Bureau international devront être faites au moins tous les six mois.

5° Les comparaisons des bobines et des éléments de divers pays devront être soigneusement organisées à intervalles réguliers.

6° Les méthodes de mesure devront avoir l'approbation du Comité consultatif.

7° Chaque pays devra être tenu au courant des résultats détaillés de toutes les comparaisons.

8° Chaque laboratoire national, de son côté, adressera au Bureau international un rapport annuel sur les mesures faites dans le laboratoire, et ces rapports seront distribués aux membres du Comité consultatif.

9° Afin de présenter des recommandations à la Conférence internationale de 1933, le Comité consultatif d'Électricité (et de Photométrie) devrait se réunir encore une fois avant la réunion de la Conférence pour étudier les comparaisons qui auront été faites jusque-là, et pour assigner à l'étalon de résistance et à celui de force électromotrice leurs valeurs par rapport aux unités absolues.

Sur la demande de M. v. Steinwehr et la proposition de M. Châtelain, le Comité consultatif a fixé le délai maximum d'un an pour la communication des résultats obtenus dans les laboratoires nationaux par le voltamètre à argent.

Sur la proposition de M. Jouaust, le Comité consultatif a encore approuvé que chaque laboratoire national envoie au Bureau international un rapport écrit sur les meilleurs instruments à acquérir, et sur les meilleures méthodes à employer dans les travaux sur les unités électriques et photométriques.

Règlement du Comité consultatif d'Électricité. —

Le Comité international des Poids et Mesures avait décidé, dans la troisième séance de la Session de 1929, d'établir un règlement concernant l'organisation et les fonctions du Comité consultatif; le projet y relatif, rédigé par MM. Cabrera et Guillaume, avait été adopté dans la cinquième séance comme provisoire, avec la réserve de le communiquer au Comité consultatif dans sa prochaine session, pour qu'il puisse faire connaître ses remarques, s'il y avait lieu, et de le ratifier définitivement à la prochaine session du Comité international.

Ce projet de règlement a été examiné par le Comité

consultatif dans la deuxième séance de la Session de 1930, et, après une longue discussion plusieurs variations ayant été suggérées, la rédaction définitive a été approuvée à la quatrième séance dans la forme suivante, que le Comité consultatif a l'honneur de proposer au Comité international, pour la ratification nécessaire :

Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie.
Règlement intérieur.

ART. 1. — Il est constitué, sous le nom de Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie, un organe destiné à renseigner le Comité international des Poids et Mesures sur les questions touchant aux étalons du domaine électrique et des domaines annexes, en particulier de la photométrie.

ART. 2. — Le Comité consultatif se compose de dix membres, savoir un représentant de chacun des laboratoires nationaux désignés par le Comité international et les spécialistes nommés par lui; les membres du Comité consultatif sont nommés pour 6 ans et sont rééligibles. Le directeur du Bureau est de droit membre du Comité; il peut être représenté par une personne à son choix.

Le président du Comité consultatif d'Électricité est pris parmi les membres du Comité international, et choisi par ce dernier. Il peut déléguer ses fonctions à une personnalité scientifique qualifiée.

ART. 3. — Le Comité consultatif est convoqué par les soins du Comité international, aussi souvent que celui-ci le juge nécessaire. Il peut également être convoqué par son président ou sur la demande de la moitié au moins de ses membres.

ART. 4. — Les décisions ne sont valables que si le nombre des membres égale au moins la moitié des membres qui composent le Comité.

Sous réserve de cette condition, les membres absents ont le droit de déléguer leurs votes à l'un des membres présents, qui devra justifier de cette délégation.

Dans le cas où le représentant d'un laboratoire national serait

empêché d'assister à une réunion du Comité, le directeur de ce laboratoire pourra désigner un suppléant par notification écrite au Président du Comité.

Dans l'intervalle d'une session à l'autre, le Comité peut délibérer par correspondance.

Toutes les résolutions au sein du Comité consultatif sont prises à la majorité des votes exprimés.

Visites et réceptions. — La deuxième séance de la Session de 1930 du Comité consultatif d'Électricité ayant été convoquée pour le 24 juin au Pavillon de Breteuil, où les membres et les experts se rendirent au complet, le Comité a profité de l'occasion pour visiter les nouveaux locaux en cours de construction, destinés à l'extension des laboratoires. Le projet du nouveau bâtiment a été approuvé par le Comité international des Poids et Mesures dans la Session de 1929, et les travaux de construction ont rapidement progressé jusqu'à la couverture, qui a été accomplie pendant le printemps 1930. Malheureusement la mauvaise saison, qui a succédé, a conservé dans les parois et les locaux une grande humidité, de façon à empêcher d'achever les travaux intérieurs, qui ont subi pour cette cause un délai imprévu. Cependant le Comité consultatif a pris connaissance de la distribution des locaux, qui paraît bien appropriée à la destination pour laquelle chacun d'eux a été réservé suivant le Rapport de M. Guillaume au Comité international des Poids et Mesures.

Le Comité consultatif croit donc devoir exprimer au Bureau international ses félicitations pour l'extension considérable de son programme de travail et de recherches, que la générosité du Gouvernement français et de l'International Education Board ont rendu possible, et à laquelle il sera même heureux de prêter son assistance.

La quatrième séance eut lieu le 25 juin au Conserva-


toire national des Arts et Métiers, où le directeur M. Gabelle a souhaité la bienvenue aux délégués au nom du Conseil d'Administration, et les a invités à visiter le Laboratoire d'essais et les collections rétrospectives. La visite, extrêmement instructive et intéressante, eut lieu après la séance sous la conduite de M. Cellerier, directeur du Laboratoire, et de M. Landais, conservateur.

Pour cet accueil bienveillant le Comité consultatif désire exprimer à la Direction du Conservatoire ses meilleurs remerciements.

Rome, le 15 août 1930.

L. LOMBARDI.

Rapporteur.



PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ

Lundi 23 juin 1930.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL JANET.

Étaient présents :

MM. BROOKS, CHATELAIN, DYE, GUILLAUME, JOUAUST, LOMBARDI, VON STEINWEHR, YONEDA, membres du Comité consultatif.

Assistaient, en outre, à la séance, en qualité d'experts : M^{me} FOEHRINGER, MM. CELLERIER, DZIOBEK, WALSH.

En qualité d'invités : MM. BLONDIN, MAUDET, PÉRARD, VOLET.

La séance est ouverte à 9^h30^m.

M. V. VOLTERRA, président du Comité international des Poids et Mesures, souhaite la bienvenue aux délégués des divers pays.

M. Paul JANET, en prenant la présidence, remercie M. Volterra d'être venu assister le Comité consultatif de ses conseils, et remercie vivement les délégués qui ont fait le voyage de pays quelques-uns très lointains, pour apporter la précieuse collaboration de leur compétence.

M. le PRÉSIDENT propose de désigner M. Pérard comme secrétaire des séances, et de fixer l'ordre du jour en commençant par les questions d'ordre général. Il rappelle que le Comité consultatif d'Électricité s'est trouvé chargé de la question des unités photométriques dans la séance du 12 juin 1929 du Comité international des Poids et Mesures, par la résolution suivante, adoptée sur la proposition de M. Châtelain.

« 1° Le Comité international des Poids et Mesures, considérant l'importance qu'il y a à unifier les méthodes employées en photométrie, décide d'entreprendre l'étude de la question de l'adoption d'un système international des unités de lumière.

» 2° Dans ce but, le Comité international charge le Comité consultatif d'Électricité de le conseiller sur toutes les questions relatives aux méthodes de mesures et aux unités et étalons de lumière.

» 3° Le Comité international des Poids et Mesures donne pouvoir au Comité consultatif de solliciter, pour l'étude de ces questions, la collaboration des laboratoires nationaux et de la Commission internationale de l'Éclairage. »

M. le PRÉSIDENT demande donc que le Comité consultatif d'Électricité change sa dénomination en celle de « Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie ».

M. VOLTERRA sera heureux de transmettre cette proposition au Comité international des Poids et Mesures.

La première question qui se pose est celle des rapports avec la Commission internationale de l'Éclairage, qui a également un rôle de coordination et d'uniformisation.

M. le PRÉSIDENT propose d'élargir le Comité en procédant à la nomination de deux nouveaux membres, qui complèteraient à 10 le nombre maximum voté par la Septième Conférence générale des Poids et Mesures.

M. WALSH demande alors s'il est définitivement admis

que le Comité consultatif d'Électricité s'occupera des étalons de lumière.

Sur la réponse affirmative de M. le Président, M. Walsh fait remarquer que trois institutions s'occupent actuellement des unités photométriques : la Commission internationale de l'Éclairage, les laboratoires nationaux, le présent Comité. Le Comité britannique propose que les choses restent ainsi quelque temps, jusqu'au moment où la tâche de la Commission internationale de l'Éclairage pourra être transmise au Bureau international. Pour l'instant, la responsabilité des déterminations doit rester entièrement aux bureaux nationaux.

M. CHATELAIN fait remarquer que la proposition de M. Walsh n'est pas en contradiction avec la tâche qui pourrait être assignée au Comité consultatif d'Électricité (et de Photométrie). Les laboratoires nationaux feront le travail; mais il croit nécessaire d'organiser un centre d'échanges, qui permette de limiter au strict nécessaire les déplacements des étalons représentatifs des unités. Il a eu, lui-même, de très grosses difficultés à cet égard.

M. DZIOBEK propose de décider seulement que les fonctions de la Commission internationale de l'Éclairage soient transmises au Bureau international des Poids et Mesures dans un certain délai.

M. LOMBARDI fait observer que, non seulement le Bureau international devra coordonner les travaux exécutés en divers pays, mais encore prêter ses propres moyens d'action aux travaux à entreprendre. Les laboratoires nationaux continueraient à travailler comme par le passé; mais ils le feraient en relation avec le Bureau international. Il ne voit pas pourquoi l'on déconseillerait au Bureau international lui-même de participer aux travaux, si un personnel suffisamment compétent et les instruments

nécessaires s'y trouvaient ultérieurement réunis. La Commission internationale de l'Éclairage n'a pas de moyens d'exécution, pas de laboratoire. Le Bureau international sera un institut expérimental; il pourra avoir des étalons secondaires qui lui permettront d'exécuter des comparaisons et de discuter les résultats.

M. JOUAUST signale que la Commission internationale de l'Éclairage a un programme extrêmement vaste, et que le travail utile pour ce qui concerne la photométrie n'a jamais été fait que dans des conversations particulières, dont les conclusions restent sans aucune autorité officielle; ainsi, au sujet du désaccord qui existe sur les unités photométriques, lui-même ne se croirait aucunement obligé de se conformer aux résolutions prises au cours de ces conversations, tandis qu'il devrait immédiatement se rallier à une décision officielle prise par le présent Comité consultatif. Il ne faut pas oublier, en outre, que plusieurs pays n'ont pas constitué de Comités nationaux d'Éclairage et ne sont pas représentés à la Commission internationale de l'Éclairage, alors qu'ils ont adhéré à la Convention du Mètre et peuvent avoir des représentants à la Conférence générale des Poids et Mesures.

M. VOLTERRA appuie l'opinion émise par M. Jouaust, en faisant ressortir la plus grande autorité officielle qu'auraient les décisions émanant du Comité international des Poids et Mesures plutôt que de la Commission internationale de l'Éclairage.

M. VON STEINWEHR suggère que, pour le moment, le Bureau international reste principalement un lieu de réunion, jusqu'à ce qu'il soit lui-même en état de travailler ces questions.

M. le PRÉSIDENT fait remarquer que la Commission internationale de l'Éclairage, qui comprend à la fois des

praticiens et des hommes de laboratoire, peut et doit apporter un concours précieux au Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie. Mais il insiste sur le fait que la Commission internationale de l'Éclairage doit être considérée comme un organe consultatif, tandis que la Commission consultative d'Électricité et de Photométrie a qualité pour proposer au Comité international des Poids et Mesures (et par son intermédiaire à la Conférence générale des Poids et Mesures) des textes officiels pouvant, après approbation des Gouvernements, acquérir force de loi. Il cite l'exemple du Congrès de Saint-Louis où la Commission électrotechnique a coexisté auprès de la Conférence des Unités électriques, qui s'est prolongée par le Comité Rayleigh, puis par le présent Comité; de même, la Commission internationale de l'Éclairage pourrait coexister auprès du Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Paschen, dont les propositions font précisément l'objet de la discussion actuelle.

Il lit ensuite la Section (b) relative à la photométrie du « Mémoire du Comité exécutif du National Physical Laboratory, concernant des faits destinés à être discutés pendant la session, à Paris, du Comité consultatif d'Électricité institué par le Comité international des Poids et Mesures » (voir Annexe p. 157 et 284), mémorandum reçu la veille au soir, et dont la traduction vient d'être remise en séance.

M. WALSH trouve que l'adjonction de deux membres est insuffisante, et propose, conformément au rapport britannique, l'établissement d'un Comité consultatif de Photométrie tout à fait indépendant de celui institué pour l'Électricité.

M. VOLTERRA fait la proposition d'établir deux sous-commissions, l'une pour l'Electricité, l'autre pour la Photométrie, rattachées toutes deux au Comité consultatif d'Electricité (et de Photométrie).

M. VON STEINWEHR pense que les travaux photométriques sont très différents des travaux électriques, et il craint que ces divers échelons de commissions et sous-commissions ne retardent les décisions.

M. LOMBARDI fait remarquer que, si l'on prend des résolutions qui ne sont pas conformes aux délibérations de la Conférence et du Comité internationaux, on risque de perdre encore beaucoup plus de temps, et, conformément à l'opinion de M. Châtelain, il affirme fortement qu'à son avis, la constitution de deux Comités distincts n'est ni nécessaire ni désirable.

M. le PRÉSIDENT résume les deux opinions en présence, et après un échange de vues à ce sujet, il propose de réserver le vote pour une réunion ultérieure.

En vue d'éviter toute perte de temps, M. JOUAUST propose néanmoins de discuter les questions à l'ordre du jour de la Commission, puisque celle-ci est virtuellement constituée.

M. VOLTERRA et M. CHATELAIN appuient dans le même sens.

M. BROOKS désire faire savoir que la question actuellement discutée, de la division en Comité électrique et Comité photométrique, n'a pas été envisagée dans son pays, et qu'il n'a pas mandat pour exprimer une opinion à ce point de vue.

M. WALSH ne voit d'ailleurs aucun inconvénient à délibérer l'après-midi même sur les questions techniques, du

moment que cela ne préjuge aucune décision contraire à l'opinion qu'il a formulée.

M. le PRÉSIDENT reprend la lecture du « Mémoire du Comité exécutif du National Physical Laboratory » [Section (a), relative aux unités électriques. Voir Annexes p. 157], et propose d'examiner ce rapport en Sous-Commission technique, l'après-midi et encore le lendemain pour ce qui concerne les locaux et le matériel technique du Bureau international.

Sur l'invitation de M. le Président, un échange de vues a lieu au sujet de l'attribution éventuelle de la question des étalons de radiofréquence au Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie.

A ce sujet, M. JOUAUST fait l'exposé suivant :

Le problème le plus important dont a eu à s'occuper, à la Haye, le Comité consultatif des liaisons radiotélégraphiques, était d'éviter les brouillages entre postes émetteurs.

Une des principales conditions pour arriver à ce résultat est que chaque poste travaille sur la fréquence qui lui a été assignée, avec une précision aussi grande que le permet l'état actuel de la technique. Les postes doivent donc être munis d'appareils de mesure de fréquence, aussi précis que possible. Il est, dans ces conditions, nécessaire qu'il existe un ou plusieurs organismes chargés :

1° D'étalonner les ondemètres destinés aux stations émettrices ;

2° De s'assurer que ces appareils sont correctement employés par le personnel de ces stations en procédant à des mesures de fréquence sur les émissions régulières de ces postes.

Il a paru impossible au Comité consultatif de confier ce travail à un seul organisme, et il fut décidé que chaque pays devrait disposer d'un laboratoire national muni des appareils nécessaires pour faire des déterminations de fréquence en valeur absolue, c'est-à-dire en fonction de la seconde de temps solaire moyen, et devant procéder au moyen de ce point de départ, aux étalon-

nages des ondemètres et au contrôle des fréquences des émissions.

On voit que, dans ces conditions, comme pour les unités électriques, il est nécessaire d'assurer l'uniformisation des mesures effectuées par les laboratoires nationaux. Cette uniformisation ne peut être établie que par comparaisons des résultats obtenus dans les divers laboratoires, et il était nécessaire de charger un organisme central de provoquer et d'organiser des comparaisons.

Il fut tout d'abord proposé de confier ce soin au Bureau international télégraphique de Berne. Mais la délégation française fit observer qu'il n'y avait aucune raison de séparer les mesures de fréquence des autres mesures électriques ou mécaniques et qu'il y avait lieu de s'adresser au Bureau international des Poids et Mesures.

Cette proposition souleva tout d'abord un certain étonnement parmi plusieurs délégations qui ignoraient le rôle et le fonctionnement du Comité international des Poids et Mesures et du Bureau. Mais la délégation américaine ayant soutenu la proposition française, et des explications ayant été fournies, le texte suivant fut adopté en séance plénière :

« Il sera demandé au Bureau international des Poids et Mesures qu'il veuille bien étudier la possibilité d'organiser des comparaisons internationales d'étalons absolus de fréquence. »

Un lapsus s'est glissé dans la rédaction du vœu destiné à être soumis à la séance plénière.

Dans la sous-commission, le délégué américain et le délégué français, tous deux appartenant à des laboratoires nationaux et connaissant parfaitement l'organisation internationale des Poids et Mesures, avaient bien spécifié que la demande devait être adressée au Comité international des Poids et Mesures.

Les membres du Comité de rédaction confondirent le Comité et le Bureau.

Cette erreur de rédaction est, du reste, sans importance.

Il importe maintenant de préciser l'état de la question.

Le Comité consultatif des liaisons radiotélégraphiques, comme son nom l'indique, ne peut qu'émettre des avis, toutes les décisions devant être prises d'après ces avis, par la Commission internationale de radiotélégraphie, qui ne doit se réunir qu'en 1932, le Comité consultatif de radiotélégraphie devant se réunir

en 1931, à Copenhague. Aucune démarche officielle ne peut donc être faite avant 1932 auprès du Comité international des Poids et Mesures. Il serait bon, néanmoins, que ce Comité pût au moins officiellement prendre position à sa prochaine session en faisant connaître qu'il est prêt à accueillir favorablement toute démarche officielle faite dans le sens indiqué plus haut.

Il serait donc désirable que le Comité consultatif des unités électriques demandât au Comité international des Poids et Mesures d'accepter d'englober les unités de fréquence dans l'organisation internationale des Poids et Mesures.

La décision du Comité des Poids et Mesures sera, nous n'en doutons pas, favorable et pourra être portée en 1931 à la connaissance du Comité consultatif des liaisons radiotélégraphiques, le confirmant ainsi dans la décision qu'il a prise.

D'autre part, dans ces conditions, dès l'entérinement par la Commission internationale de radiotélégraphie, des décisions de son Comité consultatif, le Bureau international des Poids et Mesures, sûr par avance de l'approbation de son propre Comité, pourrait entreprendre l'organisation du nouveau travail qui lui est demandé.

M. JOUAUST fait d'ailleurs remarquer que, conformément à la suggestion de M. Burgess, il s'agit seulement d'une acceptation de principe, au sujet de laquelle le Comité consultatif est bien d'accord.

La séance est levée à 11^h45^m.

PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

TENUE AU PAVILLON DE BRETEUIL,

Mardi 24 juin 1930.

PRÉSIDENTENCE DE M. PAUL JANET.

Étaient présents :

MM. BROOKS, CHATELAIN, DYE, GUILLAUME, JOUAUST, LOMBARDI, VON STEINWEHR, YONEDA, membres du Comité consultatif.

Assistaient, en outre, à la séance en qualité d'experts : MM. CELLERIER, DZIOBEK, M^{me} FOEHRINGER, M. WALSH.

En qualité d'invités : MM. MAUDET, PÉRARD, VOLET.

La séance est ouverte à 9^h 30^m.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu, et adopté après quelques modifications de détail.

Au sujet de la compétence du Comité consultatif, M. le PRÉSIDENT rappelle que les deux opinions en présence sont les suivantes :

1° Augmenter le nombre des membres du Comité actuel de manière à y réunir toutes les compétences indispensables, et subdiviser le Comité en deux sous-commissions émanant de lui.

2° (Proposition de M. WALSH.) Créer pour la photométrie une commission indépendante de celle constituée pour l'électricité.

M. le PRÉSIDENT et M. LOMBARDI ont rédigé la résolution provisoire suivante, qui sert de base à la discussion.

« Le Comité consultatif d'Electricité ayant été chargé par le Comité international des Poids et Mesures de le conseiller sur toutes les questions relatives aux méthodes de mesure et aux unités et étalons de lumière, et autorisé à solliciter pour l'étude de ces questions la collaboration des laboratoires nationaux et de la Commission internationale de l'Eclairage : croit devoir avant tout reconnaître la valeur exceptionnelle des recherches qui ont été exécutées dans le domaine photométrique par plusieurs laboratoires nationaux et privés, et exprimer l'espoir que ces recherches soient poursuivies avec la plus grande activité; apprécie également l'importance des travaux dirigés dans le même but par la Commission internationale de l'Eclairage, qui pourra continuer très utilement à les poursuivre avec le concours des différents comités nationaux adhérents; estime cependant qu'un rôle spécial doit être réservé au Bureau international des Poids et Mesures pour l'unification des unités et des étalons de lumière.

» Pour atteindre ce but, le Comité consultatif d'Electricité émet les vœux suivants :

» *a.* Que sa composition soit élargie par l'adjonction de membres effectifs et d'experts particulièrement compétents dans les questions photométriques, de façon à assurer au Bureau international l'assistance technique et scientifique nécessaire;

» *b.* Que, dans la création des nouveaux laboratoires du Bureau international, une section spéciale soit réservée aux recherches et aux travaux photométriques;

» *c.* Qu'en attendant que ce laboratoire soit convenablement outillé pour participer aux recherches susdites, le Bureau international prenne la charge de centraliser et coordonner les résultats qui seront acquis par les différents laboratoires nationaux. »

Comme président du Comité international des Poids et Mesures, M. VOLTERRA serait heureux de présenter à la prochaine session cette résolution qui concorderait abso-

lument avec les idées du Comité international. On pourrait d'ailleurs ultérieurement constituer deux Comités consultatifs séparés, si l'on en voyait alors l'utilité.

M. WALSH pense que ce texte pourrait être accepté. Mais il demande la disjonction du paragraphe *b*, qui, dans son idée, ne devrait pas être exécuté immédiatement. D'ailleurs, il préférerait la constitution de deux comités distincts.

M. LOMBARDI insiste pour que le paragraphe en question soit voté; il ne peut concevoir le Bureau sans un laboratoire outillé pour le travail qui lui est attribué. Quant à la proposition de M. Walsh, prévoyant un Comité photométrique distinct, il ne la trouve pas compatible avec la mission confiée au Comité consultatif, telle qu'elle figure aux Procès-verbaux du Comité international des Poids et Mesures. Si, dans deux ou trois ans, on estime qu'un Comité indépendant pour la photométrie est préférable, il sera temps à ce moment de le constituer.

M. DZIOBEK trouve prématuré de voter une question aussi importante que celle qui est formulée dans le paragraphe *b*.

M. VOLTERRA ne voit guère la possibilité de conseiller au Comité international de retarder l'achat des instruments nécessaires pour la photométrie.

M. LOMBARDI explique que la création de ces nouveaux laboratoires ne préjuge rien. Le Comité international des Poids et Mesures a confié au Bureau une mission qui entraîne pour lui la nécessité de constituer une section photométrique. Même si cette section devait rester inactive, on n'en préparerait pas moins l'avenir. Pour obtenir l'assentiment de MM. Walsh et Dziobek, il propose d'ajouter au paragraphe *a* la restriction suivante :

« En réservant à la prochaine Conférence générale des Poids et Mesures le soin de prendre une décision sur l'opportunité éventuelle de constituer dans ce but un Comité consultatif spécial. »

M. WALSH accepterait le paragraphe *a* ainsi amendé ; mais il trouve prématuré d'acheter des instruments.

M. LOMBARDI et M^{me} FOEHRINGER insistent au contraire pour l'achat des instruments.

M. le PRÉSIDENT et M. VOLTERRA démontrent les inconvénients qu'il y aurait à émettre un vœu conseillant de limiter l'activité du Bureau à certains travaux ; et rappellent à cet égard les difficultés éprouvées par Benoît pour l'accomplissement de son beau travail sur l'ohm international.

M. JOUAUST ne voit pas d'inconvénient à voter le paragraphe *b* en entier. Sans doute il s'écoulera un certain temps avant que le Bureau international puisse avoir des spécialistes en photométrie ; mais les appareils seront prêts.

A titre transactionnel, M. LOMBARDI propose de supprimer au paragraphe *b* le mot « recherches » en laissant subsister seulement « les travaux ». Mais M. Walsh déclare renoncer à la suppression envisagée, du moment que le détail de la discussion sera porté au procès-verbal.

A l'occasion de cette rédaction, M. CELLERIER pose la question des rapports entre les Laboratoires d'État et l'organe international. Il pense que les premiers apporteront à celui-ci les résultats des recherches qu'ils auront centralisées ; il est donc nécessaire d'établir peu à peu un laboratoire international qui représente la quintessence de ce qui existe dans le monde, et auquel les laboratoires nationaux se référeront.

Au sujet du paragraphe *c*, un échange de vues s'engage entre MM. Cellierier, Volterra, Lombardi et Jouaust, con-

cernant le rôle d'intermédiaire que les laboratoires nationaux doivent assumer entre les laboratoires privés de leur pays, et le Comité international. A l'appui de l'opinion exprimée par M. Cellerier, M. Jouaust estime qu'il appartient à chaque laboratoire national de prendre la responsabilité de présenter les travaux privés à l'organisme international, s'il juge que ceux-ci en sont dignes.

On vote sur l'ensemble de la résolution, qui est adoptée à l'unanimité. Le texte de cette résolution est reproduit en entier ci-dessous.

« Le Comité consultatif d'Électricité ayant été chargé par le Comité international des Poids et Mesures de le conseiller sur toutes les questions relatives aux méthodes de mesure et aux unités et étalons de lumière, et autorisé à solliciter pour l'étude de ces questions la collaboration des laboratoires nationaux et de la Commission internationale de l'Éclairage : croit devoir avant tout reconnaître la valeur exceptionnelle des recherches qui ont été exécutées dans le domaine photométrique par plusieurs laboratoires nationaux et privés, et exprimer l'espoir que ces recherches soient poursuivies avec la plus grande activité ; apprécie également l'importance des travaux dirigés dans le même but par la Commission internationale de l'Éclairage, qui pourra continuer très utilement à les poursuivre avec le concours des différents comités nationaux adhérents ; estime cependant qu'un rôle spécial doit être réservé au Bureau international des Poids et Mesures pour l'unification des unités et des étalons de lumière.

» Pour atteindre ce but, le Comité consultatif d'Électricité émet les vœux suivants :

» *a.* Que sa composition soit élargie par l'adjonction de membres effectifs et d'experts particulièrement compétents dans les questions photométriques, de façon à assurer au Bureau international l'assistance technique et scientifique nécessaire, en réservant à la Conférence générale des Poids et Mesures le soin de prendre une décision sur l'opportunité éventuelle de constituer dans ce but un Comité consultatif spécial ;

» *b.* Que, dans la création des nouveaux laboratoires du Bureau international, une section spéciale soit réservée aux recherches et aux travaux photométriques ;

» c. Que, en attendant que ce laboratoire soit convenablement outillé pour participer aux recherches susdites, le Bureau international prenne la charge de centraliser et coordonner les résultats qui seront acquis par les différents laboratoires nationaux. »

M. le PRÉSIDENT met en discussion le texte préparé pour le Règlement intérieur du Comité consultatif d'Électricité. La rédaction primitive était la suivante :

« ART. 1. — Il est constitué, sous le nom de Comité consultatif d'Électricité, un organe destiné à renseigner le Comité international des Poids et Mesures sur les questions touchant aux étalons du domaine électrique et des domaines annexes, en particulier celui de la photométrie.

» ART. 2. — Le Comité consultatif se compose de dix membres, savoir : d'un représentant de chacun des laboratoires nationaux désignés par le Comité international et de spécialistes nommés par lui ; les membres du Comité consultatif sont nommés pour six ans et sont rééligibles. Le Directeur du Bureau est de droit membre du Comité ; il peut être représenté par une personne à son choix.

» Le Président du Comité consultatif d'Électricité est pris parmi les membres du Comité international et choisi par lui.

» ART. 3. — Le Comité consultatif est convoqué par les soins du Comité international aussi souvent que celui-ci le juge nécessaire, ou sur la demande de la moitié des membres du Comité consultatif.

» ART. 4. — Les décisions ne sont valables que si le nombre des membres présents égale au moins la moitié des membres qui composent le Comité.

» Sous réserve de cette condition, les membres absents ont le droit de déléguer leurs votes aux membres présents, qui devront justifier de cette délégation.

» Dans l'intervalle d'une session à l'autre, le Comité peut délibérer par correspondance. Dans ce cas, pour que la décision soit valable, il faut que tous ses membres aient été appelés à émettre leurs avis.

» Les résolutions au sein du Comité consultatif sont prises à la majorité des voix des membres présents ou représentés. »

M. LOMBARDI fait remarquer que M. Guillaume a été désigné nominativement et que, d'après le texte en question, il le serait également au titre de Directeur du Bureau international. De ce fait une nouvelle place resterait disponible comme membre du Comité consultatif.

M. VOLTERRA pense que le Comité international des Poids et Mesures pourra mettre d'accord les deux textes.

M. LOMBARDI propose de permettre au Président de « déléguer ses fonctions à une personnalité scientifique qualifiée ». Cette addition est adoptée.

Au sujet de l'article 3, il observe également que le Président doit avoir le pouvoir de convoquer lui-même le Comité.

C'est à l'article 4 qu'intervient la proposition de M. BURGESS (*voir ce volume, p. 127*); et, de l'échange de vues qui suit, il résulte que c'est le directeur de l'Institut national qui doit désigner un remplaçant en cas d'empêchement de l'un des membres du Comité.

Après quelques retouches de détail, il est décidé qu'une rédaction définitive, tenant compte de toutes les modifications adoptées, sera rapportée et mise aux voix dans la dernière séance.

A la suite d'une demande présentée par M^{me} FOEHRINGER, MM. CHATELAIN et YODÉDA, le Comité recommande que les convocations aux sessions ultérieures soient lancées trois mois à l'avance, et que, indépendamment des envois directs faits à tous les membres du Comité, y compris ceux du Japon et de l'U. R. S. S., les convocations destinées aux délégués de ces deux pays leur soient adressées en outre par l'intermédiaire de leurs ambassades.

A l'issue de la séance, qui est levée à 11^h 30^m, les délégués vont visiter les nouveaux bâtiments, sous la conduite de M. Ch.-Éd. GUILLAUME.

PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,
TENUE AU CLUB " AUTOUR DU MONDE ".

Mardi 24 juin 1930.

PRÉSIDENTE DE M. PAUL JANET.

Étaient présents :

MM. BROOKS, CHATELAIN, DYE, GUILLAUME, JOUAUST,
LOMBARDI, VON STEINWEHR, YONEDA, membres du Comité
consultatif.

Assistaient en outre à la séance, en qualité d'experts :
M^{me} FOEHRINGER, M. DZIOBEK, M. WALSH;

En qualité d'invités : MM. MAUDET, PÉRARD, VOLET.

La séance est ouverte à 15^h.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. JOUAUST, rappor-
teur de la Sous-Commission des unités photométriques
pour la lecture de son procès-verbal.

Sous-Commission des étalons photométriques.

RAPPORT DE M. JOUAUST.

« La Sous-Commission, chargée des questions techniques rela-
tives aux étalons photométriques, s'est réunie le 23 juin 1930,
à 15^h, au Laboratoire central d'Électricité.

» Étaient présents : MM. BROOKS (État-Unis), CHATELAIN (U. R. S. S.), DZIOBEK (Allemagne), JOUAUST (France), LOMBARDI (Italie), WALSH (Angleterre), YONEDA (Japon).

» M. CELLERIER assiste à la séance en qualité d'expert.

» Comme base de discussion, on décide de prendre le mémorandum rédigé par M. BURGESS, et celui rédigé par le Comité exécutif du National Physical Laboratory.

» Au sujet du premier paragraphe (étalon primaire), M. DZIOBEK fait remarquer qu'il serait regrettable que le Comité décidât que le *corps noir* servant d'étalon primaire fût utilisé à la température de solidification du platine. Cela pourrait décourager des chercheurs comme Müller, qui ont entrepris de réaliser un étalon de lumière à température plus élevée.

» M. LOMBARDI exprime certains doutes sur la possibilité d'avoir dans le corps noir, réalisé par M. Burgess, une uniformité satisfaisante de la température dans toute l'étendue du platine pendant sa solidification; étant donné que, à la température considérée, la brillance du corps noir croît suivant la puissance 12 ou 13 de la température absolue, il faudrait connaître cette température, avec l'approximation de 0,7 degré à peu près, pour obtenir dans l'étalon de lumière l'exactitude de 0,1 pour 100. C'est pourquoi il serait sans doute préférable de définir l'étalon d'après les dimensions et conditions spécifiées sans faire allusion à la température de solidification du platine, qui ne sera peut-être jamais déterminée avec cette approximation.

» M. WALSH signale qu'en Angleterre, les recherches sont poursuivies pour utiliser des corps noirs à la température de solidification du platine dans des conditions totalement différentes. On pourra donc, quand les résultats seront publiés, les comparer; et cette comparaison indiquera avec quelle précision l'étalon du corps noir est susceptible d'être reproduit.

» M. CELLERIER présente quelques remarques sur les corps noirs.

» Finalement, la Sous-Commission décide de supprimer le deuxième paragraphe du mémorandum de M. Burgess.

» Sur l'observation de M. DZIOBEK, que les progrès de la Science permettront peut-être un jour de réaliser un étalon primaire de lumière qui ne serait pas basé sur les propriétés du

corps noir, le premier paragraphe est légèrement modifié, et finalement, la Sous-Commission accepte le texte suivant :

a. — Étalon primaire.

» 1° *Le Comité consultatif d'Électricité appuie l'opinion de la Commission internationale de l'Éclairage, suivant laquelle un radiateur à corps noir, utilisé dans des conditions déterminées, devrait être adopté en l'état actuel de la technique comme étalon primaire de la lumière.*

» 2° *Le Comité consultatif prie les différents laboratoires nationaux d'examiner les spécifications soumises par le Bureau of Standards pour la construction et la mise en pratique du corps noir, et de présenter leurs opinions relatives aux moyens pratiques d'adopter l'étalon ainsi déterminé.*

» 3° *Le Comité consultatif recommande d'effectuer d'autres déterminations sur la brillance du radiateur à corps noir, particulièrement dans les conditions prescrites par les spécifications proposées, ou au moins dans des conditions comparables aux conditions prescrites.*

» Au sujet du deuxième paragraphe, M. Dziobek signale qu'il a consulté les principales organisations industrielles de son pays, et que celles-ci seraient d'avis d'adopter la bougie internationale. Mais évidemment, le passage de l'hefner à la bougie internationale ne peut avoir lieu que lorsque cette dernière sera parfaitement fixée. Dans ces conditions, le texte du mémorandum de M. Burgess est légèrement modifié.

b. — Unités de lumière.

» 1° *Le Comité consultatif estime qu'il ne serait pas pratique de changer l'unité employée communément dans plusieurs pays depuis 1909 et adoptée par la Commission internationale de l'Éclairage.*

» 2° *Le Comité consultatif exprime le désir que tous les pays puissent arriver à accepter cette unité, afin de réaliser l'uniformité des unités, aussitôt que certaines questions actuellement à l'étude seront résolues.*

» On examine le troisième paragraphe. A une objection de

M. LOMBARDI relative aux couleurs des lampes, M. JOUAUST répond que le texte donne toute satisfaction à ceux qui s'occupent de photométrie.

» La Sous-Commission accepte donc le paragraphe *c* tel qu'il figure à la page 78 des publications.

» Pour le quatrième paragraphe, on décide : 1° d'ajouter dans le texte le mot « secondaire » pour bien préciser qu'il s'agit des étalons usuels au tungstène, dérivés des étalons à filament de carbone.

» On décide également de supprimer le paragraphe 3, qui n'est pas interprété de la même façon par tous les membres de la Sous-Commission. On adopte donc le paragraphe *d* sous la forme suivante :

*d. — Étalons secondaires pour les lumières
de couleurs différentes.*

» 1° *Le Comité consultatif reconnaît l'importance des recherches qu'exécutent en collaboration les laboratoires nationaux sur la mesure de la transparence de filtres colorés et exprime l'espoir que ces recherches conduiront à un accord sur une méthode généralement acceptée pour effectuer de telles mesures, aussi bien sur les valeurs adoptées pour les différents filtres.*

» 2° *Le Comité consultatif sera heureux de recevoir, pour sa propre information et pour leur transmission au Comité international des Poids et Mesures, des rapports sur le progrès de ces recherches, susceptibles d'être publiés.*

» M. JOUAUST demande s'il n'y aurait pas lieu d'envisager un programme d'échange de lampes pour répondre aux desiderata exprimés dans le paragraphe *c*.

» M. DZIOBEK exprime l'avis, unanimement approuvé, que les lampes envoyées par le Bureau of Standards dans divers laboratoires permettront une très bonne comparaison des étalons de ces établissements.

» De l'avis de tous, chaque fois qu'un Laboratoire enverra des lampes à filament de carbone dans un autre établissement, il serait désirable qu'il pût y joindre un verre bleu dont il aura déterminé le facteur de transmission.

» Il est en outre décidé que les verres bleus, mis en circulation à la suite des décisions de Bellagio, seront envoyés par le Laboratoire central d'Électricité, qui les détient actuellement à la Chambre centrale des Poids et Mesures, à Leningrad. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Jouaust de son rapport; mis aux voix, il est adopté à l'unanimité.

La parole est donnée ensuite à M^{me} FOEHRINGER, rapporteur de la Sous-Commission des unités électriques, pour la lecture de son rapport.

Sous-Commission des Unités électriques.

RAPPORT DE M^{me} FOEHRINGER.

« La Sous-Commission chargée des questions techniques relatives aux unités électriques, s'est réunie le 23 juin 1930 à 15^h, au Laboratoire central d'Électricité.

» Étaient présents : M^{me} FOEHRINGER, MM. DYE et VON STEINWEHR.

» Les discussions sont basées :

» 1° Sur le rapport du Dr Burgess, directeur du Bureau of Standards;

» 2° Sur le rapport du Comité exécutif du National Physical Laboratory;

» 3° Sur le rapport de la Chambre centrale des Poids et Mesures;

» 4° Sur les propositions japonaises de mai 1930;

» 5° Sur la lettre de M. Paschen, président de la Physikalisch-technische Reichsanstalt.

» La Commission présente au Comité consultatif les conclusions suivantes :

» 1° Concernant l'unité de résistance, l'ohm :

» Vu que les méthodes de détermination de l'ohm absolu sont suffisamment avancées, et que la concordance entre les mesures des bobines (unités secondaires) des différents laboratoires reste dans les limites de précision des mesures, il n'est pas nécessaire, pour le moment, de reprendre les comparaisons des bobines de résistance avec les ohms à mercure.

» 2° Quant aux unités de force électromotrice, au contraire, les comparaisons internationales des éléments montrent des différences, dépassant les limites de la précision possible, entre les valeurs de la force électromotrice des étalons de divers pays. Les membres de la Commission trouvent qu'il est indispensable de refaire les déterminations de la force électromotrice des éléments Weston internationaux, dans chaque laboratoire national, par la méthode du voltamètre à argent.

» Les conditions de travail avec le voltamètre à argent sont suffisamment précisées dans le rapport du Congrès international tenu à Washington en 1910. Les membres de la Commission recommandent pourtant à l'attention des laboratoires, comme dispositif à employer, celui de Smith ou de Kohlrausch, en évitant toute substance organique, qui serait nuisible au dépôt électrolytique.

» Les groupes d'éléments Weston préparés dans les divers laboratoires peuvent être considérés comme suffisamment constants jusqu'à ce que l'unité absolue de courant soit établie.

» En ce qui concerne la collaboration du Bureau international, la Commission présente les propositions suivantes :

» 1° Le Bureau international devra être équipé de façon à pouvoir comparer les étalons de résistance d'un ohm avec une précision de 1 milliardième.

» Le type d'équipement doit être discuté et fixé par le Comité consultatif.

» 2° Le Bureau international devra s'équiper de même pour la comparaison d'éléments étalons de force électromotrice à 1 milliardième près. Le genre d'équipement devra être également discuté et approuvé par le Comité consultatif.

» 3° Les divers laboratoires nationaux déposeront chacun au Bureau, à titre de prêt, deux bobines étalons de 1 ohm et un groupe d'au moins 12 éléments étalons.

» 4° Les comparaisons de ces étalons au Bureau international devront se faire au moins tous les six mois.

» 5° Les comparaisons des bobines et des éléments des divers pays devront être soigneusement organisées à intervalles réguliers.

» 6° Les méthodes de mesures devront avoir l'approbation du Comité consultatif.

» 7° Chaque pays sera tenu au courant des résultats détaillés de toutes les comparaisons.

» 8° Chaque Laboratoire national, de son côté, adressera au Bureau international un rapport annuel sur les mesures faites dans le laboratoire, et ces rapports seront distribués aux membres du Comité consultatif.

» 9° Afin de présenter des recommandations à la Conférence internationale des Poids et Mesures de 1933, le Comité consultatif d'Électricité (et Photométrie) devrait s'assembler encore une fois avant la réunion de la Conférence pour étudier les comparaisons qui auront été faites jusque-là, et pour assigner à l'étalon de résistance et à celui de force électromotrice leurs valeurs par rapport aux unités absolues. »

M. le PRÉSIDENT remercie M^{me} Foehringer de ce rapport, qui est adopté.

M. le PRÉSIDENT demande à M. Lombardi de vouloir bien se charger d'établir le rapport général que le Comité consultatif aura à présenter au Comité international des Poids et Mesures. M. Lombardi, ayant accepté, est nommé rapporteur à l'unanimité.

M. JOUAUST demande que chaque laboratoire national veuille bien envoyer au Bureau international un rapport écrit sur les meilleurs instruments à acquérir, et sur les meilleures méthodes à employer dans les travaux sur les unités photométriques et électriques. Cette suggestion est adoptée.

La séance est levée à 16^h.



PROCÈS-VERBAL

DE LA QUATRIÈME SÉANCE,

TENUE AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS.

Mercredi 25 juin 1930.

RÉCEPTION PAR M. GABELLE,

Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers.

M. GABELLE souhaite la bienvenue aux délégués. Il rappelle que c'est au Conservatoire que la Convention voulut déposer les premiers étalons métriques. Les travaux qui concerneront les unités électriques et photométriques sont maintenant autrement délicats que ne l'étaient autrefois ceux des poids et mesures.

Au nom de tout le Conseil d'Administration du Conservatoire, composé de notabilités scientifiques et industrielles comme son président, M. Painlevé, membre de l'Institut, ancien président du Conseil, et M. Gaston Menier, sénateur, il souhaite au Comité un plein succès dans ses travaux. Il termine en invitant les délégués à visiter le Laboratoire d'Essais que leur présentera son directeur M. Cellerier, et les collections rétrospectives sous la conduite de M. Landais, conservateur.

M. VOLTERRA remercie M. Gabelle de son aimable accueil et de ses vœux de succès. Il sait quel rôle important a joué et joue encore le Conservatoire des Arts et Métiers à l'égard du Système métrique.

La réunion actuelle marque une date historique; car elle voit s'ouvrir un nouveau domaine à l'unification des unités mondiales.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL JANET.

Étaient présents :

MM. BROOKS, CHATELAIN, GUILLAUME, JOUAUST, LOMBARDI, VON STEINWEHR, YONEDA, membres du Comité consultatif.

Assistaient en outre à la séance, en qualité d'experts : M^{me} FOEHRINGER, MM. DZIOBEK, WALSH.

En qualité d'invités : MM. MAUDET, PÉRARD.

Les Procès-verbaux des deux précédentes séances sont lus et approuvés.

M. le PRÉSIDENT donne lecture de la rédaction définitive du Règlement du Comité consultatif.

Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie.

RÈGLEMENT.

« ART. 1. — Il est constitué, sous le nom de Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie, un organe destiné à renseigner le Comité international des Poids et Mesures sur les questions touchant aux étalons du domaine électrique et des domaines annexes, en particulier de la photométrie.

» ART. 2. — Le Comité consultatif se compose de dix membres, savoir : un représentant de chacun des laboratoires nationaux désignés par le Comité international et les spécialistes nommés par ce dernier; les membres du Comité consultatif sont nommés pour six ans et sont rééligibles. Le Directeur du Bureau est de droit membre du Comité; il peut être représenté par une personne à son choix.

» Le Président du Comité consultatif d'Électricité est pris parmi les membres du Comité international, et choisi par ce dernier. Il peut déléguer ses fonctions à une personnalité scientifique qualifiée.

» ART. 3. — Le Comité consultatif est convoqué par les soins du Comité international, aussi souvent que celui-ci le juge nécessaire. Il peut également être convoqué par son président ou sur la demande de la moitié au moins de ses membres.

» ART. 4. — Les décisions ne sont valables que si le nombre des membres présents égale au moins la moitié des membres qui composent le Comité.

» Sous réserve de cette condition, les membres absents ont le droit de déléguer leurs votes à l'un des membres présents, qui devra justifier de cette délégation.

» Dans le cas où le représentant d'un laboratoire national serait empêché d'assister à une réunion du Comité, le directeur de ce laboratoire pourra désigner un suppléant, par notification écrite au Président du Comité.

» Dans l'intervalle d'une session à l'autre, le Comité peut délibérer par correspondance.

» Toutes les résolutions au sein du Comité consultatif sont prises à la majorité des votes exprimés. »

Le Règlement est voté à l'unanimité.

M. GUILLAUME pose la question de savoir comment se fera le renouvellement des membres du Comité à l'expiration de leur mandat. De la discussion qui a lieu à ce sujet, il résulte que le renouvellement se fera par la même procédure que lors de la première nomination.

M. VON STEINWEHR demande que l'on fixe un délai maximum pour la communication des résultats obtenus par le voltamètre à argent.

Une distinction s'établit à ce point de vue entre les travaux des laboratoires nationaux et ceux que pourra obtenir le Bureau international, ces derniers devant demander un délai beaucoup plus considérable. Sur la

proposition de M. CHATELAIN, le délai d'un an est fixé pour les laboratoires nationaux.

Au sujet de la prochaine session du Comité consultatif, M. LOMBARDI propose de convoquer aussi la Sous-Commission de Photométrie pour l'année prochaine; mais M. VOLTERRA fait remarquer que l'on manquerait du temps nécessaire pour la désignation des nouveaux membres.

Un échange de vues a lieu au sujet de la manière dont pourra se faire l'élargissement du Comité.

L'ordre du jour étant épuisé, le PRÉSIDENT déclare la présente session close, en remerciant les délégués de l'important travail qu'ils ont accompli.

M. VOLTERRA remercie tous les membres du Comité consultatif, et tout particulièrement son président, de l'aide si précieuse qu'ils ont apportée au Comité international des Poids et Mesures. Les éminents conseils et les recommandations techniques qui ont été formulés au cours de ces trois journées de délibération seront d'une importance capitale pour l'œuvre que poursuit le Comité international.

La séance est levée à 10^h 30^m.



EXPOSÉ DES MATIÈRES

QUI DEVRONT FAIRE L'OBJET

DE LA SESSION DU COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

DANS LE DOMAINE

DE L'ADOPTION DES UNITÉS ABSOLUES ;

Par M. KIYOSHI TAKATSU,

Directeur du Laboratoire électrotechnique
au Ministère des Communications, Tokyo

Il est bien connu, d'après les résultats des expériences faites au National Physical Laboratory, au Bureau of Standards et à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, qu'il existe des différences appréciables entre les unités internationales actuelles et les unités absolues. Tous les pays admettent qu'il y a un besoin urgent d'adopter ces dernières pour les unités électriques de l'avenir; mais ils ne sont pas encore arrivés à une entente pour les valeurs intrinsèques des différences entre les unités internationales et les unités absolues. Là-dessus, il a été décidé, dans la réunion du Comité consultatif d'Electricité, tenue en 1928, que ce point devrait être résolu par les résultats des mesures absolues, qui doivent être faites par les divers laboratoires nationaux d'étalonnage.

En examinant cette question du point de vue théorique, il n'y a pas de raison pour rendre évidentes les relations entre les unités internationales actuelles et les unités absolues, à propos de l'adoption des dernières, pour les unités électriques de l'avenir. Puisque les unités internationales actuelles ont été fixées par les lois des différents pays, nous sommes tous tenus de faire une distinction entre ces diverses unités, et nous désirons adopter les unités absolues, au lieu des unités internationales. Telle est la raison pour laquelle les valeurs exactes des différences entre ces unités devraient être établies. Les unités électriques qui sont conservées actuellement par les laboratoires nationaux d'étalonnage nous

paraissent être dans une situation confuse, ainsi qu'il sera démontré plus loin, si nous nous rapportons au Rapport inséré dans les Procès-Verbaux des séances de 1928 et Annexes, et aussi aux résultats des comparaisons internationales faites de temps à autre.

Par conséquent, le Laboratoire électrotechnique du Japon (L. E. T.) propose que tous les laboratoires nationaux d'étalonnage soient tenus de fixer la valeur de leurs propres unités électriques, en adoptant les unités internationales qui ont été définies par la résolution de la Conférence de Londres de 1908.

I. *Abandon de la résolution de la Conférence de Londres.* — C'est à la Conférence internationale des Unités et des Étalons électriques, réunie à Londres en 1908, et à laquelle ont pris part des représentants venus de toutes les parties du monde, que les unités internationales actuelles ont été officiellement déterminées. Il est très naturel que tous les pays du monde aient eu le devoir de reconnaître les résolutions de la Conférence, qu'ils ont prises eux-mêmes, quoiqu'il y eût plus ou moins de difficultés à les adopter.

Les unités internationales actuelles sont définies de telle sorte que l'ohm international est représenté par la résistance offerte au courant par une colonne de mercure de dimensions déterminées, l'ampère international par la quantité d'argent déposé en une seconde, et le volt international, par la loi d'Ohm, en prenant pour base l'ohm et l'ampère internationaux. Jusqu'ici, les divers laboratoires nationaux d'étalonnage ont conservé leurs propres unités électriques, par l'intermédiaire de bobines de manganine et d'éléments normaux Weston, mais ils ne possèdent pas nécessairement des unités internationales. Les unités de résistance conservées par quelques-uns de ces laboratoires sont différentes de l'ohm à mercure. En ce qui concerne la force électromotrice de l'élément normal Weston, elle est égale à 1,0183 volt international à 20°, comme résultat des expériences faites en commun à Washington, en 1910. Cette valeur aurait dû être adoptée comme un étalon pratique employé dans les mesures avec la précision de 1/10000. Tous les pays, excepté l'Allemagne (1), ont pris

(1) La force électromotrice de l'élément normal Weston à la P. T. R. a été déterminée par l'ohm à mercure et le voltamètre à argent, mais l'unité de résistance est celle d'avant 1925. Dans le Laboratoire électrotechnique du Japon, la valeur de 1,018267 volt international a été

cette valeur comme si elle devait représenter la force électromotrice moyenne de leurs éléments normaux Weston, sans réaliser des expériences avec les voltamètres à argent. Mais maintenant, il semble exister trois étalons différents, celui de l'ohm, de l'ampère et du volt.

II. *Ohm international et ohm moyen de Washington.* — En 1910, lors des expériences faites en commun à Washington, ce qu'on appelle l'ohm moyen de Washington a été employé pour représenter l'ohm international, en adoptant la moyenne des valeurs des étalons déjà réalisés au N. P. L. et à la P. T. R.; cette valeur de l'unité a été estimée concorder avec celle de l'ohm à mercure, qui doit être déterminé, d'accord avec la résolution de la Conférence de Londres, avec une précision probable de 2 ou 3/100000; il a été recommandé que les laboratoires nationaux d'étalonnage l'adoptent jusqu'à ce que l'ohm international, comme il a été défini par la Conférence de Londres, soit déterminé définitivement au moyen de la colonne de mercure. Il est donc évident, d'après les indications des expériences faites en commun à Washington, que l'ohm moyen de Washington est seulement une unité approchée, qui devra être remplacée le plus tôt possible par l'ohm international, lorsque celui-ci aura été déterminé définitivement. Le N. P. L. et le B. S. ont toujours conservé l'ohm moyen de Washington comme leur unité de résistance depuis 1910, malgré la réalisation de l'ohm à mercure dans ces deux laboratoires, et ont conservé cette unité, même pour les comparaisons internationales. Il n'y aurait pas d'objection à ce que l'ohm moyen de Washington fût exactement égal à l'unité internationale. Comme le N. P. L. et le B. S. distinguent l'ohm moyen de Washington de l'ohm international, ils ont naturellement à tenir compte d'une certaine différence entre ces unités.

Alors, pourquoi devrions-nous adopter une nouvelle valeur de la résistance autre que l'ohm international, en négligeant la résolution de la Conférence de Londres? Nous sommes complètement déroutés lorsque nous abordons cette question. De plus, les deux laboratoires nationaux susnommés ont réalisé leurs étalons de

employée jusqu'en 1923 en concordance avec les expériences faites sur le voltamètre à argent; après cette date, la valeur de 1,0183 volt international a été employée en considération de la détérioration causée par le tremblement de terre et de l'incendie consécutif.

résistance à mercure, d'accord avec la résolution de la Conférence de Londres, avec une précision suffisante et raisonnable.

Le N. P. L. a exécuté deux fois ces étalons, en 1912 et en 1924, et le B. S. seulement une fois, en 1911. Les résultats sont les suivants :

Année.	Laboratoire.	Ohm moyen de Washington- Ohm à mercure.
1911.....	B. S.	+26.10 ⁻⁶
1912.....	N. P. L.	+16 »
1924.....	N. P. L.	+42 »

Il existe une différence de 26.10^{-6} entre les deux derniers résultats des expériences. Eu égard à cette circonstance, le N. P. L. considère que la différence est due à la précision moindre obtenue dans les déterminations de l'ohm à mercure, plutôt qu'au changement dans la valeur des bobines de résistance.

On est en droit de se demander si cette affirmation du N. P. L. est correcte, car on ne peut pas garantir que la valeur de la résistance des bobines de manganine n'ait pas varié dans les douze années qui séparent les deux déterminations, comme l'indiquent les résultats des comparaisons internationales faites entre les étalons des autres laboratoires nationaux.

Cependant, il est vrai que le N. P. L. a considéré le résultat de 1912 comme beaucoup plus important que les autres, étant donné que ce Laboratoire a adopté cette détermination dans l'estimation de l'ohm international.

On ne peut pas admettre qu'il se soit produit, à l'époque où les expériences ont été faites au B. S., en 1911, et aussi au N. P. L. en 1912, une variation appréciable dans les valeurs des étalons de résistance, depuis les déterminations de 1910; par conséquent, en prenant la moyenne de ces deux comparaisons faites au B. S. et au N. P. L., il semble probable que l'ohm international est plus faible que l'ohm moyen de Washington, d'une quantité approximativement égale à 21.10^{-6} .

Nous pouvons ajouter à cela deux exemples pour exprimer la relation entre les deux unités de résistance.

Les ohms à mercure montés par le L. E. T. du Japon ont été complétés en 1914; les résultats des comparaisons directes faites entre cet étalon et les autres séries d'étalons à mercure construites

par le N. P. L. et envoyés au Japon, grâce à la courtoisie du Gouvernement britannique, fournissent les données suivantes :

1914. Étalon à mercure N. P. L.

— Étalon à mercure L. E. T. = + 8. 10⁻⁶.

et, de 1920 à 1923, les résultats des comparaisons faites entre l'unité du L. E. T. et celle du N. P. L., par l'intermédiaire des bobines de manganine, sont donnés ci-après :

1920-1923. Unité moyenne de Washington au N. P. L.

— Unité du L. E. T. = + 29. 10⁻⁶.

De ces deux résultats, on tire :

(Ohm moyen de Washington) — (Ohm à mercure) = + 21. 10⁻⁶.

Le P. T. R. a réalisé, en 1915, l'étalon à mercure défini par la Conférence de Londres, et conduit la comparaison internationale de son unité avec celle du N. P. L., en adoptant la résistance des étalons de manganine en 1925-1926. Le résultat de ces comparaisons est le suivant :

1925-1926. Unité N. P. L. — Unité P. T. R. = + 25. 10⁻⁶,

où les unités du N. P. L. sont exprimées par rapport à l'ohm moyen de Washington.

Les trois relations ci-dessus entre l'ohm à mercure et l'ohm moyen de Washington sont en parfaite concordance.

En résumé, nous croyons qu'il existe un besoin urgent d'abolir le plus tôt possible l'ohm moyen de Washington, qui ne concorde pas avec l'ohm international, afin de simplifier les comparaisons internationales futures.

III. *Irrégularité des comparaisons internationales d'étalons de résistance.* — Le N. P. L. et le B. S. conservent tous deux l'ohm moyen de Washington, comme il a été dit précédemment. Les comparaisons faites jusqu'ici entre les ohms de ces deux pays ont donné les résultats suivants :

Année.	Unités		Remarques.
	N. P. L. — B. S.		
1912.....	+ 9.10 ⁻⁶		Comparaison directe.
1913.....	+23 »		»
1920-1923.....	+19 »		»
1925-1926.....	+20 »		Comparaison directe avec les étalons du N. P. L.
1927.....	+23 »		Comparaison directe.
1928-1929.....	+30 »		Comparaison internationale faite par S. Jimbo.
Moyenne..	<hr/>	+21.10 ⁻⁶	

Dans les comparaisons internationales faites entre 1913 et 1927, la valeur de la différence entre les unités des deux pays est approximativement 20.10⁻⁶, et les résultats récents montrent qu'elle s'est accrue jusqu'à 30.10⁻⁶. Cependant, les résultats obtenus au moyen des intercomparaisons faites à partir de 1920 ont montré qu'il existe une tendance à l'augmentation graduelle dans la valeur de la différence entre les unités de ces deux pays. Ces résultats rendent compte du fait que la valeur des bobines de man-ganine varie un peu dans le cours du temps.

Le P. T. R. a d'abord exécuté, en 1897, ses expériences sur l'ohm à mercure, et a contrôlé son unité de résistance en répétant plusieurs fois les expériences sur les étalons à mercure depuis cette époque. Dans les expériences faites à Washington, en 1910, l'unité du P. T. R. s'est montrée de 10.10⁻⁶ plus grande que l'unité à mercure du N. P. L., et la moyenne des unités réalisées dans les deux laboratoires a été adoptée comme unité provisoire, ainsi qu'il a été mentionné dans le paragraphe précédent. Cependant, le P. T. R. a toujours conservé son unité, tirée de l'étalon à mercure, sans adopter l'ohm moyen de Washington. Par conséquent l'unité du P. T. R. devrait avoir été plus grande que l'ohm moyen de Washington, d'environ 5.10⁻⁶.

Les résultats des intercomparaisons faites entre le P. T. R. et le N. P. L. sont les suivants :

Année.	Unités	
	P. T. R. — N. P. L.	
1912.....	+ 1.10 ⁻⁶	
1913.....	+17 »	
1914.....	-32 »	
1920-1923.....	+10 »	

Ces résultats sont très irréguliers, et ne permettent aucune conclusion.

Le P. T. R. a employé constamment, même après la Conférence de Londres, ses étalons à mercure, qui différaient légèrement de ceux qui ont été proposés à Londres, en ce qui concerne les vases terminaux et d'autres détails. Après que le premier étalon a été achevé en 1925, d'accord avec la résolution de la Conférence de Londres, le P. T. R. a trouvé qu'il existe une grande différence entre la nouvelle unité mercurielle et celle qui avait été établie précédemment. Le P. T. R. pensait que ce fait était dû à la plus grande différence des étalons de résistance plutôt qu'à la différence des étalons à mercure eux-mêmes, et décida de retrancher 33.10^{-6} de l'unité de résistance précédemment adoptée.

La nouvelle unité a été de nouveau comparée avec celle du N. P. L. Les résultats ont été les suivants :

1925-1926.....	—25.10 ⁻⁶	Comparaison directe avec les bobines du P. T. R.
1928-1929.....	—28.10 ⁻⁶	Comparaison internationale faite par S. Jimbo.
Moyenne.....	—27.10 ⁻⁶	

L'unité N. P. L. était l'unité moyenne de Washington. Cette valeur moyenne, obtenue en partant des résultats des intercomparaisons, peut être prise comme représentant aujourd'hui la relation entre l'unité du P. T. R. et celle du N. P. L.

Le L. E. T. du Japon a réalisé trois fois l'ohm à mercure de la Conférence de Londres : en 1914, 1917 et 1921. Les résultats de ces expériences sont les suivants :

Année.	Moyenne de quatre étalons en manganine de 1 ohm.
1914....	1,000 083 ohm international à 20° C.
1917.....	1,000 095 » »
1921.....	1,000 118 » »

Nous avons aussi noté que la valeur moyenne de la résistance des bobines de manganine adoptée pour conserver l'unité de résistance, a une tendance à augmenter d'année en année. Le L. E. T. a cherché à conserver l'ohm international, en appliquant

la correction à la valeur moyenne des bobines de manganine dans chaque expérience. Malheureusement, ces étalons secondaires ont été détruits par le feu, lors du grand tremblement de terre de 1923; mais une autre série de quatre bobines de manganine, qui avaient été comparées avant ce désastre avec ces étalons secondaires, a été conservée au Laboratoire d'Osaki. Avec cette dernière série de bobines en manganine, nous conservons l'unité de résistance jusqu'à maintenant, et nous nous préparons à réaliser nos étalons à mercure.

Les résultats des comparaisons faites entre les unités E. T. L. et celles du N. P. L., du B. S. et du P. T. R., sont les suivants :

Années.	Unités.	Différences.	Remarques.
1920-1923.	N. P. L. — L. E. T.	+29. 10 ⁻⁶	Comparaison directe.
1928-1929.	B. S. — L. E. T.	+43 »	Comparaison internationale faite par S. Jimbo.
1928.....	B. S. — L. E. T.	+ 8 »	Comparaison directe.
1928-1929.	B. S. — L. E. T.	+13 »	Comparaison internationale faite par S. Jimbo.
1928-1929.	B. S. — L. E. T.	+15 »	»

Résumant les résultats ci-dessus, nous obtenons le tableau suivant des relations entre les unités internationales des divers laboratoires nationaux et celle du L. E. T.

Labo- ratoires.	Résultats antérieurs.		Comparaison de Jimbo.	
	Différence de l'unité L. E. T.	Différence de la moyenné.	Différence de l'unité L. E. T.	Différence de la moyenne.
N. P. L.....	+13. 10 ⁻⁶	+13. 10 ⁻⁶	+27. 10 ⁻⁶	+20. 10 ⁻⁶
B. S.....	-18 »	-18 »	-13 »	-20 »
P. T. R.....	+ 4 »	+ 4 »	+15 »	+ 8 »
L. E. T.....	0	0	0	+ 7 »
Moyenne.	0		+ 7. 10 ⁻⁶	

Les valeurs reproduites sous le titre « Résultats antérieurs » renferment les données des comparaisons internationales faites pendant les années 1920 à 1928, avant les comparaisons internationales faites par S. Jimbo, entre les étalons du Royaume-Uni et des États-Unis; entre ceux du Royaume-Uni, des États-Unis et de l'Allemagne; entre ceux du Royaume-Uni et du Japon; et entre ceux des États-Unis et du Japon.

Pour l'unité internationale du N. P. L., nous avons soustrait 16.10^{-6} de l'ohm moyen de Washington appartenant au N. P. L., en adoptant les résultats des expériences de 1912 sur l'ohm à mercure, et, pour celle du B. S., 26.10^{-6} de l'unité moyenne de Washington, d'accord avec le résultat des expériences de 1911.

En voyant ce que nous avons mentionné ci-dessus, il n'y a pas de doute que les unités de résistance des différents laboratoires nationaux d'étalonnage, à l'exception du P. T. R., où l'étalon à mercure a été récemment réalisé, ont été conservées par l'intermédiaire de bobines en manganine avec une permanence suffisante; en outre, nous ne pouvons pas certifier que les variations de résistance de ces bobines de manganine aient toujours été uniformes dans tous les pays. La méthode qui permet de comparer directement l'unité appartenant à un laboratoire avec les autres, en transportant les bobines de manganine à la main, a été considérée comme le procédé idéal; mais nous pensons que la méthode d'intercomparaisons n'est pas entièrement suffisante, parce que les bobines de manganine peuvent modifier la valeur de leur résistance pendant le transport (nos bobines de manganine L-20 412 et L-20 636, qui ont été emportées par S. Jimbo pour les comparaisons internationales, ont montré une variation de résistance atteignant 10 et 26.10^{-6} , pendant une période d'un peu plus d'une année), et la précision des mesures faites à chacun des laboratoires d'étalonnage dans une période limitée, ne peut pas être considérée comme suffisamment élevée. Par conséquent, nous croyons que certains laboratoires sont particulièrement appropriés à notre étude, qui peut réaliser une méthode beaucoup meilleure dans les comparaisons futures.

Dans les discussions sur les comparaisons internationales mentionnées ci-dessus, la France et l'U. R. S. S. ont été omises, afin d'éviter toute incorrection possible dans notre constatation, simplement parce que les méthodes de comparaison de leurs unités de résistance ne nous paraissaient pas très claires.

La précision des mesures dans les laboratoires nationaux d'éta-

lonnage était d'au moins $1/100000$, et nous pensons qu'elle a atteint par endroits le millionième. Depuis lors, même avec cette précision, les résultats des comparaisons internationales qui ont été faites sont très irréguliers, et, comme nous venons de l'expliquer, nous désirons proposer les sujets suivants, qui doivent être élucidés pour les futures comparaisons internationales :

a. Variation, avec le temps, de la valeur des bobines de manganine.

b. Défaut dans la méthode employée pour les comparaisons internationales.

La constance des bobines de manganine n'est pas aussi parfaite que nous l'avions tous pensé; et les propriétés des bobines employées dans différents pays ne sont pas toujours uniformes. Cependant, nous croyons qu'il est à peu près impossible d'obtenir actuellement, et peut-être encore pour un temps très long, un meilleur alliage que la manganine. Par conséquent, pour éliminer la première difficulté, tous les pays devraient recevoir, par l'intermédiaire du Bureau central, plusieurs bobines de résistance étalons en manganine, qui devraient être faites avec le même soin et avec la meilleure qualité de manganine préparée en même temps. Afin de franchir la seconde difficulté, nous avons à éliminer les défauts de la méthode présente d'intercomparaisons; chaque pays projetant de faire une intercomparaison, devrait apporter ses bobines de résistance au Bureau central, et ces bobines devraient être comparées au laboratoire du Bureau, avant que les représentants envoyés de tous les pays fassent eux-mêmes les comparaisons.

IV. *Formes des voltamètres à argent.* — Il semble qu'en ce moment, les voltamètres à argent ne soient pas utilisés en général pour conserver les unités électriques; mais, d'accord avec les décisions de la Conférence de Londres de 1908, ils devraient être employés comme instruments essentiels pour réaliser les unités électriques internationales. Les résultats des principales expériences sur les voltamètres à argent, faites depuis 1914, sont les suivants :

Année.	Laboratoire.	Forme du voltamètre à argent.	Force électromotrice des éléments Weston à 20° C.
1910.	Expériences en commun.	Smith	1,018287
		Richards	1,018286
1910.	N. P. L.	Smith	1,018304
		Richards	1,018218
1910-1912.	B. S.	Smith	1,018274
		Richards	1,018267
1910.	P. T. R.	Kohlrausch	1,018290
1916.	L. E. T.	Smith	1,018269
1918.	L. E. T.	Richards	1,018266
1927.	B. S.	Smith	1,018307
		Richards	1,018218

Dans les expériences communes, à Washington, en 1910, l'ohm moyen de Washington a été employé comme unité de résistance. Il est à noter ici que la différence entre les expériences communes et celles du L. E. T., faites en 1916-1918, était d'à peu près 19.10^{-6} , valeur qui concordait avec la différence trouvée entre l'ohm moyen de Washington et l'ohm international, sur lequel a porté la discussion dans le second paragraphe de cette Note. Ces deux séries d'expériences n'ont pas montré de divergence appréciable dans les résultats dus à la différence dans les formes de voltamètres à argent, d'où il résulte que l'expérience du N. P. L. en 1910 et celle du B. S. en 1927 concordent très bien, et montrent que les résultats dépendent de la forme des voltamètres à argent. Dans les expériences de 1910, qui utilisaient le voltamètre à argent de la forme Kohlrausch, le P. T. R. a obtenu une valeur se rapprochant de la forme Smith. Nous ne pouvons pas, par conséquent, tirer une conclusion définitive des résultats ci-dessus, si l'ampère international qui a été déterminé par le voltamètre à argent possède une certaine relation définie avec la forme des voltamètres à argent employés, ou si une telle relation n'existe pas. Pour éviter de longues discussions sur ce point, nous suggérons d'adopter internationalement seulement une des trois formes de voltamètre à argent, pour la détermination de l'ampère international, d'accord avec la décision de la Conférence de Londres. Un autre point important à considérer

est le nombre de dépôts, et d'après notre expérience, il semble nécessaire d'effectuer plus de cinquante dépôts afin d'assurer un haut degré d'exactitude.

V. *Éléments normaux Weston.* — Il faut admettre que la force électromotrice de l'élément normal Weston à 20° a la valeur de 1,0183 volt international, s'il est employé comme étalon de force électromotrice pour des mesures dans lesquelles on n'attend pas une précision de 1/10000. Nous ne pouvons pas accepter, cependant, de conserver le volt international, simplement en assignant la valeur ci-dessus à l'élément normal Weston, sans l'expérimenter sur les voltamètres à argent, car il y aurait de nombreuses contradictions.

L'étalon secondaire de force électromotrice, adopté dans les décisions de la Conférence de Londres, était un élément neutre Weston normal, mais le N. P. L. a employé un élément acide au lieu d'un élément neutre; et sa valeur était réduite à celle d'un élément neutre en employant une formule expérimentale dans les comparaisons internationales. Il y aura probablement un certain nombre d'avantages à employer un élément acide, mais il existe un grand inconvénient dans le fait qu'il exige une correction pour l'acidité dans chacune de ses transformations. A moins qu'une nouvelle décision d'adopter dans le domaine international un élément ayant une certaine acidité définie, comme étalon secondaire de force électromotrice, afin d'éviter une correction fastidieuse, ait été prise par tous les pays, nous croyons que tous les laboratoires nationaux d'étalonnage devraient adopter un élément neutre, d'accord avec la décision de la Conférence de Londres. Nous voudrions demander spécialement la coopération du N. P. L. sur ce point particulier.

Nous résumerons maintenant, dans un tableau, les résultats des récentes comparaisons internationales, où les valeurs données dans le tableau indiquent les différences de la force électromotrice moyenne des éléments normaux Weston conservés comme étalons par les divers laboratoires d'étalonnage.

I. — N. P. L. et B. S.

Année.	N. P. L. — B. S.	Remarques.
1921.....	+ 9.10 ⁻⁶ volt	Comparaison directe.
1922.....	+ 6 »	»
1926.....	+ 9 »	»
1927-1928.....	+ 7 »	Comparaison indirecte par les éléments de l'U. R. S. S.
Moyenne.....	+ 8 »	
1928-1929.....	+19 »	Comparaison de Jimbo.

II. — N. P. L. et P. T. R.

Année.	N. P. L. — P. T. R.	Remarques.
1922-1923.....	+55.10 ⁻⁶ volt	Comparaison directe.
1926-1927.....	+61 »	Comparaison indirecte par les éléments de l'U. R. S. S.
Moyenne... ..	+58 »	
1927-1928.....	+82 »	Comparaison de Jimbo.

III. — Comparaisons internationales avec les éléments du N. P. L., B. S., P. T. R., L. C. E., U. R. S. S.

Année.	B. S.—N.P.L.	B.S.—P.T.R.	B.S.—L.C.E.	B.S.—U.R.S.S
1926-1927.	-7.10 ⁻⁶	+54.10 ⁻⁶	-46.10 ⁻⁶	+56.10 ⁻⁶

IV. — N. P. L. et L. E. T.

Année.	N. P. L. — L. E. T.	Remarques.
1912.....	- 7.10 ⁻⁶ volt	Comparaisons directes.
1914-1915.....	- 3 »	»
1916-1918... ..	-10 »	»
Moyenne.	- 7 »	
1927-1928.....	+14 »	Comparaison de Jimbo.

V. — B. S. et L. E. T.

Année.	B. S. — L. E. T.	Remarques.
1923-1928.....	—20.10 ⁻⁶ volt	Comparaison directe.
1926-1928... ..	—13 »	»
1926-1928.....	—19 »	»
1927-1928.....	—23 »	»
1928.....	—16 »	»
1928.....	—11 »	»
Moy. pondérée.	—18 »	(Le poids est admis proportionnellement au nombre des mesures.)
1928-1929.....	— 5 »	Comparaison de Jimbo.

VI. — P. T. R. et L. E. T.

Année.	P. T. R. — L. E. T.	Remarques.
1928.....	—67.10 ⁻⁶ volt	Comparaison de Jimbo.

Il existe une discordance considérable dans les résultats des comparaisons internationales faites récemment par S. Jimbo et les comparaisons plus anciennes. Nous rassemblons les valeurs des différences entre les forces électromotrices étalons des divers pays en disposant les résultats précédents et ceux des comparaisons de Jimbo côte à côte dans le tableau suivant. Dans ce tableau, les résultats des comparaisons L. E. T. — N. P. L. donnés dans IV ont été négligés comme étant très anciens, mais ils ont été réduits indirectement en partant d'autres comparaisons.

Nom des laboratoires.	Comparaisons antérieures.		Comparaison de Jimbo.	
	Différence par rapport au L. E. T.	Différence par rapport à la moyenne.	Différence par rapport au L. E. T.	Différence par rapport à la moyenne.
N. P. L.....	—10.10 ⁻⁶	+14.10 ⁻⁶	+14.10 ⁻⁶	+38.10 ⁻⁶
B. S.....	—18 »	+ 6 »	— 5 »	+19 »
P. T. R.....	—67 »	—43 »	—67 »	—43 »
L. C. E.....	+28 »	+52 »		
U. R. S. S....	—74 »	—50 »	—60 »	—36 »
L. E. T.....	0	+24 »	0	+24 »
Moyenne.	—24.10 ⁻⁶		—24.10 ⁻⁶	

Ces résultats semblent indiquer que les comparaisons internationales, d'une durée limitée, sont moins dignes de confiance. Comme nous le proposons sous III, on pourrait laisser de côté le point en question, si toutes les comparaisons internationales avaient été faites au laboratoire du Bureau central, sur les éléments normaux Weston apportés des différents laboratoires nationaux d'étalonnage.

Quel que soit le résultat que nous adoptions, les forces électromotrices étalons des trois pays formant un groupe, savoir le N. P. L., le B. S. et l'I. E. T., concordent entre elles à moins de $20 \cdot 10^{-6}$; tandis que celles de la P. T. R. et de l'U. R. S. S. forment un autre groupe ayant une valeur plus faible de la force électromotrice, la différence étant environ $60 \cdot 10^{-6}$. Bien qu'il soit indifférent que les éléments normaux Weston soient exécutés avec soin et précision, il y aura une différence d'au moins $10 \mu V$ entre ceux qui sont fabriqués chaque année; une aussi grande discordance, trouvée entre les deux groupes de pays, est probablement due à la différence dans la méthode de préparation des matières, et dans leur emploi. Pour obtenir un degré plus élevé d'uniformité dans la force électromotrice des éléments-étalons, nous sommes tenus de réviser les spécifications actuelles, en ajoutant des particularités concernant ces matières.

Tous les laboratoires nationaux d'étalonnage devraient envoyer leurs propres étalons de l'élément Weston normal, en accord avec la nouvelle spécification révisée. Les valeurs des forces électromotrices des éléments de tous les laboratoires nationaux pourraient être amenées près de la concordance. Cependant, la force électromotrice exprimée en fonction du volt international devrait être déterminée dans chaque laboratoire avec l'ampère international et l'ohm international. On devrait abolir immédiatement la pratique d'après laquelle l'élément normal Weston est un étalon primaire.

Conclusions. — De ce que nous avons discuté dans la présente Note, les conclusions suivantes peuvent être tirées, en liaison avec les étapes à suivre pour réaliser l'unification des unités internationales actuelles.

1. Un certain nombre de bobines de résistance en manganine égales à 1 ohm devraient être faites avec le fil de manganine préparé en même temps au moyen des constituants qui donnent la

meilleure qualité d'alliage. Après que la différence entre ces étalons aura été déterminée avec précision dans le laboratoire du Bureau central, plusieurs exemplaires de ces bobines devraient être distribués à tous les laboratoires nationaux d'étalonnage. Comme type le plus idéal des bobines de manganine, on recommande d'employer le type scellé du B. S.

2. Tous les laboratoires nationaux d'étalonnage devraient construire leur ohm mercuriel d'accord avec les décisions de la Conférence de Londres, et déterminer les valeurs des bobines d'un ohm susnommées en fonction de l'ohm international réalisé.

3. Les bobines de manganine devraient de nouveau être apportées à la main au Bureau central, et devraient être remesurées au laboratoire de ce Bureau. Après confirmation de leur constance en valeur relative, l'ohm international devrait être déterminé avec la moyenne des unités réalisées dans chacun des laboratoires nationaux d'étalonnage.

4. Une nouvelle spécification révisée de l'élément normal Weston devrait être publiée, concernant la méthode de préparation des matières employées et la manière de les introduire dans l'élément.

5. Tous les laboratoires nationaux d'étalonnage devraient de nouveau s'entendre sur la forme du voltamètre à argent, son traitement et le nombre de dépôts à effectuer.

6. Tous les laboratoires nationaux d'étalonnage devraient faire des expériences sur le voltamètre à argent, d'accord avec le paragraphe 5, et déterminer la force électromotrice de l'élément normal Weston, construit suivant les nouvelles spécifications révisées, employant l'ohm international, ainsi qu'il est dit au paragraphe 3.

7. Tous les laboratoires nationaux d'étalonnage devraient apporter leur élément normal Weston au Bureau central, et la valeur de la force électromotrice de ceux-ci devrait être comparée au laboratoire du Bureau. Le volt international (ou l'ampère international) devrait être déterminé avec la valeur moyenne de la force électromotrice des éléments destinés à chacun des laboratoires nationaux d'étalonnage.

Par exemple, chaque pays pourrait s'engager dans des expé-

riences sur les unités absolues, en parallèle avec la réalisation des unités internationales

Nous pensons, cependant, qu'il serait difficile d'obtenir des résultats unifiés et dans lesquels on puisse avoir confiance, sur la relation entre les unités qui ont été conservées dans chaque laboratoire, bien que les expériences soient répétées un nombre considérable de fois, si la méthode actuelle d'intercomparaison est employée.



INFORMATIONS ET SUGGESTIONS

POUR LES

QUESTIONS SOUMISES AU COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

23-25 JUIN 1930;

Par M. GEORGE K. BURGESS,
Directeur du Bureau of Standards.

I. — Étalons de radio-fréquence.

L'uniformité internationale dans les mesures de radio-fréquence est de la plus grande importance pratique. Déjà des comparaisons faites entre les étalons de divers laboratoires nationaux ont donné des résultats très satisfaisants, mais il est désirable d'avoir un plan systématique pour des comparaisons régulières dans l'avenir.

Cette question n'est pas encore inscrite au programme du Comité consultatif, et le Comité international des Poids et Mesures n'a pas conféré à celui-ci l'autorité qui serait nécessaire pour que ce problème fût traité à fond. Néanmoins, une prompte action est désirable, afin qu'on saisisse une occasion favorable pour mettre ces étalons sous le même régime que les étalons électriques et photométriques.

Un comité consultatif international technique des Communications radiotélégraphiques a été créé par la Conférence internationale de Radio-diffusion de 1927. Dans une réunion tenue à la Haye, en septembre 1929, ce Comité a discuté le problème d'assurer la concordance entre les étalons de fréquence conservés dans différents pays, et, après une discussion minutieuse, il a adopté la résolution suivante :

« Il sera demandé au Bureau international des Poids et Mesures

qu'il veuille bien étudier la possibilité d'organiser des comparaisons internationales d'étalons nationaux de fréquence. »

Cette résolution se rapportant au Bureau international, nous comprenons qu'aucun travail ne peut être commencé sans une autorisation du Comité international des Poids et Mesures. En conséquence, aucune action formelle ou officielle ne peut être entreprise jusqu'à la réunion du Comité en 1931.

Il se trouve, cependant, que le Radio-Comité mentionné se réunira aussi en 1931, et peut siéger avant le Comité international des Poids et Mesures. Si aucune connaissance officielle de la résolution ci-dessus n'a pu être prise par le Comité international des Poids et Mesures, une autre organisation peut être proposée pour s'occuper de la question.

Le problème des étalons de radio-fréquence est tellement semblable à celui des étalons électriques et photométriques que la création dans ce but d'une organisation séparée serait très regrettable. L'urgence de la situation justifie le Comité consultatif d'aller au delà de ses instructions, et d'émettre ses opinions dans la question. Il pourra alors donner son avis au Comité international pour accepter la juridiction des comparaisons d'étalons de radio-fréquence, et d'opérer avec eux de la même manière qu'avec les étalons électriques et photométriques.

II. — Comparaison des unités électriques actuelles.

MM. Takatsu et Jimbo ont soumis un rapport très complet sur les valeurs assignées par divers laboratoires aux étalons de force électromotrice et aux bobines de résistance. De semblables étalons ont été envoyés aussi l'année dernière à quelques laboratoires, par le Bureau of Standards, et les résultats essentiels que l'on peut obtenir maintenant sont indiqués plus loin, pour être comparés avec ceux obtenus sur les éléments et les bobines de M. Jimbo.

1. *Comparaison par des étalons de résistance d'un type nouveau.* — La précision de semblables comparaisons a été limitée dans le passé par les changements qui se produisaient pendant le transport des étalons. Au Bureau of Standards, une attention spéciale a été donnée à la rectification des bobines de résistance,

qui conservent leurs propriétés pendant le transport, aussi bien que si elles sont conservées au laboratoire dans des conditions contrôlées.

Un type de bobine qui semble remplir cette exigence a été construit. Il sera décrit dans un prochain numéro du *Journal of Research* du Bureau of Standards.

Trois de ces bobines ont été mesurées au Bureau en juin 1929, envoyées au National Physical Laboratory et à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt en juillet, puis retournées au N. P. L. en octobre et au Bureau en novembre. Leur constance est indiquée par le fait que les résistances déterminées au Bureau, en novembre, ne différaient, pour aucune de ces bobines, de 1 millionième des valeurs de juin. Au National Physical Laboratory, les deux mesures faites en juillet et en octobre ont montré un changement apparent des trois bobines égal à 2 millionièmes, les valeurs relatives restant les mêmes.

L'une de ces bobines montrait une mauvaise soudure, et a été mise de côté. Les deux autres, avec une quatrième bobine de construction semblable, sont maintenant de nouveau en route pour les laboratoires européens. De ces deux, l'une a apparemment diminué sa résistance de 1 millionième, tandis que l'autre n'a pas changé.

On n'a pas reçu de rapport formel de la Reichsanstalt. En conséquence, des données précises sur les bobines séparées ne peuvent pas être publiées, mais les valeurs moyennes indiquaient que l'unité du Bureau (ohm) est plus petite de 10 millionièmes que celle du P. T. R. Au N. P. L., les valeurs numériques assignées ont été inférieures de 26, 26 et 28 millionièmes respectivement à celles qui avaient été admises. Il s'ensuivrait que l'ohm du P. T. R. est plus petit que celui du N. P. L. de 17 millionièmes.

Ces résultats concordent assez bien avec la différence établie par M. Jimbo, qui a trouvé 30 millionièmes entre le N. P. L. et le B. S., mais les valeurs obtenues pour ses bobines au P. T. R. diffèrent de celles du Bureau de 2 millionièmes au lieu de 10. De nouvelles mesures des étalons du Bureau au P. T. R., prévues pour cette année, éclairciront peut-être les causes de cette discordance.

2. *Comparaison d'éléments étalons.* — Quatre éléments étalons ont été envoyés au N. P. L. et au P. T. R., en même temps que les bobines de résistance. Nous n'avons pas reçu de nouvelles de la Reichsanstalt.

Ces éléments étaient de divers types et de différents âges. Un rapport détaillé sur les observations concernant le changement de valeurs avec le temps et sous l'action de la température, est en préparation, mais une comparaison plus simple et plus directe peut être faite entre les unités du N. P. L. et celles du Bureau, en considérant les résultats obtenus dans les deux laboratoires à 28°. Ils sont contenus dans le tableau suivant :

Valeurs attribuées aux éléments étalons.

Ecarts en microvolts de l'élément normal Weston, conservé dans les deux laboratoires.

Laboratoire.	Date 1929.	Numéro de l'élément étalon.			
		685.	686.	700.	714.
B. S.	Juin.....	— 5	—11	+12	—44
B. S.	Décembre.....	— 8	—24	—11	—49
N. P. L.	Juillet.....	—20	—30	— 5	—75
N. P. L.	Octobre.....	—20	—35	—13	—77
B. S.	Moyenne...	— 6,5	—17,5	+ 0,5	—46,5
N. P. L.	Moyenne...	—20	—32,5	— 9	—76
	Différence..	13,5	15	9,5	29,5

La différence moyenne, 17, indique que le volt du N. P. L. dépasse celui du Bureau de cette quantité. Des mesures sur divers éléments, faites par M. Jimbo, ont montré une différence correspondante de 19 microvolts.

Les mêmes éléments ont été envoyés aux laboratoires européens. Comme il est dit plus haut, un rapport détaillé sur leurs caractéristiques est en cours de préparation.

3. Affirmation officielle des valeurs relatives des unités. —

Il est d'opinion courante, parmi les travailleurs scientifiques, qu'il existe un certain défaut de compréhension sur l'état présent des unités électriques « internationales ». En vue d'écarter cette équivoque et de rendre possible la comparaison précise des données obtenues en différents pays, aussi bien que pour la période préparatoire de conversion des unités absolues, il est désirable d'avoir une évaluation, faisant autorité, des valeurs relatives des unités présentes telles qu'elles sont employées dans différents pays.

Le Comité consultatif pourrait, ou bien se mettre d'accord sur les valeurs relatives qui semblent les plus probables, ou bien, si les données suffisantes ne sont pas acquises actuellement, il pourrait recommander la publication de semblables informations par les laboratoires nationaux.

III. — Progrès dans les mesures absolues faites au Bureau of Standards.

1. *Détermination de l'ohm.* — Une détermination absolue de l'ohm a été effectuée en mesurant et en calculant l'inductance d'une bobine. L'inductance est mesurée en fonction de l'ohm international et de la seconde solaire moyenne, qui donnent la valeur en henrys internationaux. Elle est déduite des dimensions linéaires de la bobine, qui donnent la valeur en henrys absolus. Le quotient de ces deux valeurs est le même que le quotient de l'ohm international par l'ohm absolu.

Trois bobines ont été construites. La première est enroulée sur un cylindre de porcelaine, la seconde sur du verre pyrex, et la troisième sur du quartz fondu. Les trois bobines ont été soigneusement rodées de façon à former des cylindres avant l'enroulage. Elles ont été enroulées, avec du fil nu, sur un tour de précision. Une série complète de mesures électriques et mécaniques a été faite seulement sur la bobine de porcelaine.

Plusieurs séries de mesures préliminaires ont été exécutées entre 1927 et 1929; en 1929, une mesure a été faite, qui a été classée comme demi-finale. A la fin de 1929 et au commencement de 1930, l'appareil fut un peu modifié. Deux séries satisfaisantes de données, seulement, ont été obtenues avant le 10 mai 1930.

Les résultats de toutes les mesures ont été exprimées en fonction de l'unité de résistance (soit l'ohm international accepté en 1910); conservée au Bureau of Standards. Les résultats de 1929 ont donné :

1 unité de Washington B. S. = 1,000519 ohm absolu.

Les résultats de 1930 obtenus avant le 10 mai ont conduit à :

1 unité de Washington B. S. = 1,000525 ohm absolu.

Il y a des raisons de penser que la valeur de 1930 est de quelques millièmes trop élevée. Il semble donc que la valeur la

plus probable d'une unité de Washington B. S. est 1,00052 ohm absolu, avec une incertitude d'environ 1/100000.

On projette aussi de faire une détermination par une méthode qui comporte la comparaison d'une résistance avec une fréquence et une inductance mutuelles. Elle doit être faite en renversant un courant constant à travers l'enroulement primaire de l'inductance mutuelle, et en échangeant les connexions placées sur l'enroulement secondaire, ces deux inversions étant faites sans ouvrir les circuits. Jusqu'à présent, des efforts ont été exercés seulement pour obtenir un réglage satisfaisant de la vitesse du moteur entraînant les commutateurs.

2. *Mesure absolue du courant.* — La balance de courant employée par MM. Rosa, Dorsey et Miller en 1911 a été remontée en 1927, et une détermination préliminaire a été exécutée en employant le même appareil utilisé par ces trois expérimentateurs. Après cette détermination préliminaire, plusieurs changements ont été faits à l'appareil et aux méthodes de mesure. Cependant, la même balance et les mêmes bobines ont toujours été employées comme elles l'ont été dans la détermination originale.

Une détermination complète exige deux mesures absolument indépendantes :

- 1° La mesure de l'effort qui se développe entre les éléments;
- 2° La mesure du rapport des rayons des bobines.

Nous avons un nombre considérable de bobines, de telle sorte que des mesures de la force peuvent être faites avec certains lots, tandis que les rapports des rayons d'une autre série de bobines ont été déterminés. Des difficultés inattendues se sont montrées en rapport avec ces deux déterminations, et nous n'avons pas pu faire une série complète de mesures; mais nous espérons que l'une d'elles au moins sera achevée au moment de la réunion du Comité consultatif.

En plus du travail avec la balance de courant de MM. Rosa, Dorsey et Miller, nous emploierons une seconde méthode, pour laquelle les appareils sont en construction. Ce sera un électrodynamomètre absolu, semblable à celui qu'a utilisé autrefois Pellat. Il faudra probablement une ou deux années pour effectuer sa construction.

La détermination des forces entre les bobines qui conduisent

le courant dépend de la gravité. En conséquence, on a élaboré au Bureau des plans pour une détermination nouvelle de sa valeur absolue.

IV. — Propositions japonaises de mai 1930.

Ce rapport était en préparation lorsque nous avons reçu un exemplaire du Mémoire de M. Takatsu : *Exposé des matières qui devront faire l'objet de la session du Comité consultatif d'Électricité, dans le domaine de l'adoption des unités absolues* (voir plus haut, p. 130). Ce document est si important qu'il paraît désirable d'exprimer immédiatement des opinions le concernant.

Nous sommes d'accord sur bien des points avec le memorandum de M. Takatsu, et l'étude soignée qu'il a faite dans sa préparation est digne d'admiration. Si, en réponse, on insiste sur les points dans lesquels il existe une divergence de vues cela ne doit pas être compris comme une critique du mémoire, considéré comme un tout.

1. *Méthodes actuelles pour la conservation des unités.* —

Les méthodes de conservation des valeurs de l'ohm international et de l'ampère, prescrites par la Conférence de Londres en 1908, n'ont pas été suivies. Il y a eu diverses raisons pour que ces méthodes ne fussent pas employées. L'une, entre autres, était que les spécifications n'ont jamais été complétées, pour donner aux unités une définition réelle.

Une autre raison importante était que les hommes les plus familiarisés avec la méthode expérimentale, émettaient des doutes sur la possibilité d'obtenir des résultats assez précis pour justifier les changements fréquents dans les valeurs assignées aux étalons secondaires. Il est vrai que les étalons secondaires (bobines et éléments), employés pour conserver les valeurs acceptées en 1910, ont servi de prototypes pour un temps trop long. Néanmoins, si les divers pays possédaient séparément de nouvelles valeurs obtenues à certains intervalles par le procédé international prescrit, il y aurait probablement entre les pays, des discordances bien aussi fortes que celles qui existent maintenant, et certainement, il y aurait plus de changements dans les unités employées dans chaque pays

Dans un pays qui possède plusieurs laboratoires faisant des mesures précises, la conservation de valeurs constantes pour les étalons de base est très importante, et l'on ne considérera pas comme satisfaisant un procédé qui entraîne de fréquents changements. Comme procédé de conservation de la constance pendant une période de temps considérable, les bobines de résistance en manganine et les éléments Weston normaux ont démontré leur valeur dans la pratique, et il y a toute raison pour s'attendre à ce qu'ils continuent à être employés, avec les perfectionnements qui pourront être imaginés.

2. *Réajustement nécessaire des unités.* — Il n'est pas douteux qu'en ce moment des unités légèrement différentes, suivant les pays, sont en usage, alors que les unités devraient être les mêmes dans tous les pays. La proposition de M. Takatsu est qu'on y arrive en établissant des unités internationales sur la base proposée à Londres.

Pour plusieurs raisons, ce procédé ne serait pas pratique. Certaines d'entre elles sont énumérées ci-après :

a. Il a été décidé que les valeurs dérivées des mesures absolues devront être adoptées aussitôt qu'il existera un nombre suffisant de déterminations expérimentales pour donner une base stable à ces valeurs. Deux changements dans les unités, à quelques années de distance, conduiraient à une confusion inextricable. Il vaut mieux prendre les valeurs actuelles, jusqu'à ce que le changement puisse être fait pour obtenir des valeurs *uniformes* et *absolues*.

b. Les ressources des laboratoires nationaux ne sont pas illimitées. Si une détermination nouvelle des unités « internationales » devait être faite, l'établissement de valeurs absolues auxquelles on puisse se fier serait nécessairement reporté à une date ultérieure.

c. Il serait nécessaire d'abord que tous les pays acceptassent un type de voltamètre et un procédé uniforme pour son emploi.

d. Les nouvelles unités internationales mises sur pied ne serviraient pas à des buts pratiques, parce qu'on sait définitivement qu'elles ne seraient pas d'accord avec celles obtenues par des mesures absolues, et ne concorderaient pas davantage avec aucune des autres valeurs utilisées jusque-là. Si l'on devait les employer, elles ajouteraient simplement une unité à la série de

celles qui ont passé dans l'histoire, et pour lesquelles les facteurs de conversion ont été déterminés.

Un plan plus pratique semble être d'établir avec plus de précision les relations qui existent entre les unités actuellement en usage dans différents pays, et alors, de changer le plus possible le point de départ absolu dans tous les pays. Il vaudrait mieux adopter les unités absolues sujettes à des incertitudes de 2 ou 3/100000, plutôt que de faire des changements de cet ordre de grandeur dans une série d'unités qui seront bientôt mises de côté.

3. *Comparaisons futures des étalons.* — Les propositions de M. Takatsu d'avoir des comparaisons futures de bobines et d'éléments faites dans un bureau central, sont d'accord avec le projet de donner des facilités pour de semblables déterminations au Bureau international des Poids et Mesures. Lorsque le nouveau système sera établi, de semblables comparaisons devraient être faites à des intervalles réguliers, et l'étalon de base de tous les pays devrait avoir une valeur unique. Il pourrait cependant, dans certains cas, être jugé utile d'ajouter des comparaisons directes par l'interchange des étalons entre les laboratoires nationaux.

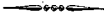
Pour chaque méthode de comparaison, il est désirable d'introduire des perfectionnements aux étalons.

4. *Étude de la permanence des bobines de résistance.*
— Tandis que des perfectionnements dans les bobines de résistance sont souhaitables, il semble très douteux que l'emploi de manganine provenant d'une seule source pourrait les apporter. Des perfectionnements dans le plan et la méthode de construction des bobines sont au moins aussi importants que le choix de l'alliage pour les résistances. Nous attirons l'attention sur les bobines mentionnées ci-dessus, qui ont été transportées d'Amérique en Europe et retour, sans éprouver un changement apparent dépassant un millionième dans chaque bobine individuelle.

Si ce type de bobine continue à présenter des résultats aussi satisfaisants, il devra être adopté immédiatement, de préférence à l'ancienne forme. La description détaillée pourra en être obtenue dans quelques semaines.

Au Bureau of Standards, des expériences sont projetées avec des alliages autres que la manganine pour faire des étalons spéciaux de référence.

5. *Emploi futur du voltamètre à argent.* — Nous sommes d'accord pour considérer que le voltamètre offre une méthode utile et relativement bonne pour redéterminer la force électromotrice de l'élément étalon, en partant d'une valeur connue pour l'ohm. Dans ce but, le Bureau of Standards accepterait volontiers la forme du voltamètre de Smith, et collaborerait à l'établissement de spécifications détaillées pour son usage. Nous pensons, cependant, qu'il devrait être considéré comme un étalon secondaire, employé pour assurer la constance du groupe d'éléments dans les intervalles entre les comparaisons internationales formelles. Le voltamètre avec les spécifications acceptées, offrirait aussi une méthode convenable pour exprimer les résultats des mesures absolues de l'ampère.



MÉMORANDUM

DU

COMITÉ EXÉCUTIF DU NATIONAL PHYSICAL LABORATORY,

CONCERNANT DES FAITS DESTINÉS A ÊTRE DISCUTÉS

PENDANT LA SESSION A PARIS

DU COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

INSTITUÉ PAR LE COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Le Comité est réuni pour deux raisons :

- a.* Inspecter les nouveaux bâtiments à Sèvres, et discuter l'équipement électrique qui doit y être installé.
- b.* Discuter la question de la photométrie.

Les points suivants se présentent en connexion avec (*a*); la section (*b*) est discutée dans une Note séparée.

Le budget, pour l'équipement des mesures comparatives d'éta-
lons de résistance et d'éléments étalons, ne semble présenter
aucune difficulté, mais la construction des étalons exige une dis-
cussion.

La question se posera s'il est désirable, pour les divers labora-
toires nationaux, de présenter des étalons spécimens, qui seront
conservés à Sèvres, et, s'il en est ainsi, quels arrangements peu-
vent être faits, dans chaque pays, afin d'y arriver (1).

En ce qui concerne les résistances étalons, il ne semble pas
nécessaire de s'approvisionner autrement qu'avec des étalons
unités, mais il paraît bon que chaque laboratoire puisse envoyer,
de façon plus ou moins permanente, deux étalons 1 ohm, d'un
type bien vieilli.

(1). En connexion avec ce qui vient d'être dit, on peut constater
qu'un nombre considérable d'éléments étalons, faits par M^{me} Foehringer
au N. P. L., sont maintenant à Paris; ils devraient former un noyau
utile d'environ 40 éléments représentant le type anglais identique
à ceux en usage au N. P. L.

Ce serait une bonne condition que toutes ces résistances fussent comparées entre elles au moins tous les six mois; elles devraient être employées comme une base commune de référence dans les mesures des bobines, qui seront envoyées à Paris de temps en temps, par chaque pays, d'accord avec un plan à prévoir.

Avant que les bobines soient envoyées à Paris, une discussion semble nécessaire en ce qui concerne les unités en fonction desquelles leurs valeurs seront exprimées. Le présent intervalle des différences entre les unités des divers pays est plus grand qu'il n'est désirable.

Au N. P. L., deux déterminations ont été faites, depuis 1910, sur l'ohm international : en 1912 et 1925 respectivement. Les valeurs obtenues en fonction de la résistance moyenne d'un certain groupe de bobines de fil différaient de $2\frac{1}{2}$ parties sur 10000. Une partie de ces différences peut bien être due au changement des bobines. Il n'était pas jugé alors désirable de changer les valeurs assignées à la moyenne de ces bobines en 1910 pour les amener à concorder avec l'unité moyenne de Washington.

Plus récemment, cependant, les résultats des comparaisons avec d'autres laboratoires nationaux sont devenus possibles, desquels il apparaît que la conservation de l'unité, basée sur un groupe de bobines de fil du N. P. L., tend à occuper une position extrême en relation avec d'autres pays qui ont ajusté leur unité par de récents ohms à mercure. Les déterminations de l'ohm à mercure du N. P. L. sont en concordance générale avec celles d'autres pays, et la moyenne de ces déterminations est en concordance étroite avec la moyenne des unités de résistance en usage dans quatre pays différents ⁽¹⁾.

En envoyant des bobines à Paris, par conséquent, le N. P. L. proposerait de baser leur valeur sur les propres déterminations de l'ohm à mercure, entraînant un changement d'environ 3 parties sur 10000 de l'unité employée jusque-là.

Une comparaison très soignée d'étalons de résistance, envoyés des divers laboratoires à Paris, devrait être faite alors et une nouvelle appréciation de l'unité moyenne internationale devrait être créée, qui servirait jusqu'à ce que le moment soit venu où l'on posséderait un nombre suffisant de mesures absolues, pour rendre possible les valeurs précises attribuées à ces étalons, en fonction de l'ohm absolu C.G.S.

(1) Voir la note soumise par le D^r Dye au Comité.

En ce qui concerne l'ampère international, il est plus difficile de prendre une décision sur le meilleur procédé à employer pour l'avenir immédiat. La divergence entre les valeurs assignées aux éléments étalons envoyés de pays à pays est plus prononcée que celle existant entre les valeurs trouvées pour les étalons de résistance.

La pratique à peu près universelle depuis 1910 a été de déterminer l'ampère international par l'unité de résistance et celle de l'élément normal Weston, employant la valeur de 1,01830 volt assignée au dernier par la Conférence de Washington. Fait d'accord avec les instructions précises, l'élément a été en général trouvé aisément reproductible dans chaque pays, tandis que des redéterminations directes de l'ampère international entraînent beaucoup de travail et beaucoup d'ennuis. Pour des intercomparaisons internationales, l'échange des éléments est le seul moyen qu'on puisse employer.

Etant donné l'intervalle relativement bref qui s'écoulera avant qu'une décision soit prise pour l'adoption de l'unité C.G.S., on ne considère pas comme désirable de modifier la pratique suivie jusqu'ici. Il semble préférable de viser une concordance plus précise, que le procédé à suivre en construisant des éléments étalons.

Quelle que soit la décision sur ce point, il est clair qu'un plan meilleur d'interchange des éléments, et l'inclusion d'un plus grand nombre d'éléments dans un groupe est considérée comme essentielle.

Dans le but d'inviter à la critique et de suggérer un plan déterminé, les propositions suivantes sont faites :

1^o Le Bureau international devrait chercher lui-même un matériel propre à exécuter des mesures comparatives d'étalons de résistance d'un ohm avec une précision d'environ un millionième. Les grandes lignes de ce matériel doivent être arrêtées dans la session prévue à Paris.

2^o Le Bureau devrait se munir lui-même d'un équipement propre à exécuter à un millième près des mesures comparatives de force électromotrice d'éléments étalons ayant approximativement la même force électromotrice. Le type du matériel doit être approuvé en principe dans la prochaine réunion.

3^o Les divers laboratoires nationaux devraient déposer au Bureau deux résistances d'un ohm et un groupe d'éléments qui ne soit pas inférieur à 12.

4° Le Bureau doit comparer ces étalons à des intervalles qui ne soient pas inférieurs à six mois.

5° Un schéma, organisé pour le transport et la comparaison des bobines et des éléments représentatifs des étalons des différents pays, devrait être fait à des intervalles réguliers.

Le schéma suivant est proposé :

Supposons qu'il y ait cinq pays participant au travail, désignés par A, B, C, D, E, et représentons le Bureau par O.

Des bobines de résistance et des éléments appartenant à A seraient envoyés à O, qui les retournerait à B, et celui-ci à A. De même des bobines et des éléments appartenant à B seraient envoyés à O, de là à C et retour à B. Ce procédé devrait être employé une fois par année pour chaque pays. Chaque pays aurait alors deux mesures annuelles et le Bureau pourrait exécuter cinq mesures annuellement.

6° Les méthodes de mesure seraient approuvées par le Comité, et tous les résultats de toutes les intercomparaisons seraient communiqués à chaque pays (1).

7° Avec les projets de faire des recommandations devant la Conférence internationale qui sera réunie en 1933, on devrait convoquer une autre réunion du Comité consultatif d'Électricité, qui serait tenue à une date appropriée avant la Conférence, et s'il est nécessaire avant la prochaine réunion du Comité international :

a. Pour discuter les comparaisons faites et fixer les valeurs qu'il faut assigner aux étalons de résistance et de force électromotrice en fonction des unités internationales.

b. Pour discuter les résultats des mesures absolues de courant et de résistance et l'adoption des unités C.G.S.

(1) Dans les années subséquentes l'ordre peut être modifié comme suit

AOCA, AODA, AOEI, AOBA; BODB; COEC; DOAD; EOBE; etc.

PROPOSITIONS

PRÉSENTÉES A LA DEUXIÈME SESSION

DU

COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

par le Laboratoire électrotechnique
du Ministère des Communications à Tokyo.

1. *Organisation du Comité consultatif d'Électricité:*

a. Quel est le règlement actuel du Comité consultatif d'Électricité?

b. Nous appuyons la proposition suivante du Bureau of Standards :

« Un membre représentant un laboratoire national peut, par une communication écrite au président, désigner, pour une session quelconque, un remplaçant, qui doit avoir tous les droits d'un membre pour ladite session. »

c. Le Bureau international aura à informer de la date fixée, au moins trois mois à l'avance, pour la convocation du Comité, pour un pays éloigné comme le Japon (en plus, nous avons le désir qu'il en transmette l'information au Laboratoire électrotechnique par les bons soins de l'Ambassade du Japon à Paris).

2. *Comparaisons internationales des unités électriques des laboratoires nationaux au moyen d'un étalon électrique:*

Voir la Note de K. TAKATSU et S. JIMBO: *Rapport sur la comparaison internationale des étalons électriques, et propositions concernant les comparaisons internationales futures.*

a. D'après le résultat des comparaisons internationales récemment faites, les unités électriques des laboratoires nationaux

n'arrivent pas encore à une concordance suffisante. La meilleure méthode pour rendre les résultats plus précis est, semble-t-il, d'unifier les procédés pour conserver les étalons électriques des laboratoires nationaux, ou d'organiser une expérience commune au Bureau central pour établir l'unité moyenne internationale.

b. Il faudra rédiger un mémorandum sur les questions envisagées dans les laboratoires nationaux, afin d'unifier les méthodes employées pour les comparaisons internationales.

3. *Méthodes pour déterminer les relations entre les unités électriques internationales et les unités absolues* (1).

a. Il est de toute nécessité d'amener à une concordance suffisante les unités électriques internationales des laboratoires nationaux, pour déterminer les relations entre les unités électriques internationales et les unités électriques absolues.

b. C'est aussi un moyen de faire une expérience commune au Bureau central pour établir l'unité moyenne.

c. Si l'on adopte, par convention internationale, 1,01830 volt pour la force électromotrice de l'élément normal, il faudra compléter les spécifications des éléments étalons.

Ouvrage de référence : *Méthodes employées au Japon pour construire les éléments étalons.*

a. Si l'on mesure la force électromotrice de l'élément normal au moyen de l'ohm et de l'ampère internationaux, il faudra compléter les spécifications du voltamètre à argent.

4. *Matières concernant les unités photométriques.* — Ouvrage de référence :

S. SUZUKI : *Dziobek's method of heterochromatic photometry of black body emission.*

a. Nous appuyons sur la proposition : *Unités et méthodes photométriques*, soumise au Comité par le Bureau of Standards.

b. Nous estimons nécessaire la collaboration du Comité con-

(1) Voir la Note de K. TAKATSU : *Exposé des matières qui devront faire l'objet de la session du Comité consultatif d'Électricité, dans le domaine de l'adoption des unités absolues* (ce Volume, p. 130).

sultatif d'Électricité et de la Commission internationale de l'Éclairage, mais il faudra prendre garde de ne provoquer aucun conflit, en réalisant cette collaboration.

c. Le Comité consultatif d'Électricité devrait faire des comparaisons internationales et chercher la concordance finale des unités photométriques internationales.

Annexe.

a. En ce qui concerne la réalisation des comparaisons internationales des étalons de radiofréquence, le Comité consultatif d'Électricité devrait entreprendre les démarches nécessaires, en accord avec les résolutions du Comité consultatif international technique des Communications radioélectriques en 1929.

b. En ce qui concerne les unités magnétiques, pour l'avenir, le Comité consultatif d'Électricité devrait les prendre en considération.

Spécifications pour l'élément normal Weston.

A. CONSTRUCTION DE L'ÉLÉMENT NORMAL WESTON. — L'élément normal Weston comporte une solution aqueuse saturée de sulfate de cadmium ($\text{Cd SO}_4 \cdot 8/3 \text{H}_2\text{O}$) comme électrolyte, et l'électrolyte doit être neutre pour le papier rouge du Congo.

En ce qui concerne la matière, les spécifications sont les suivantes :

B. MÉTHODES POUR PURIFIER LES MATIÈRES :

1. *Purification du mercure.* — On purifie le mercure par le lavage ou l'électrolyse, et la distillation.

a. *Lavage.* — Le mercure est lavé à travers un tube de verre d'environ 1^m de longueur, rempli d'acide nitrique dilué (environ cinq fois en volume), et ensuite il est lavé de la même manière, au moins deux fois dans l'eau distillée.

b. *Électrolyse.* — C'est une méthode très efficace. On purifie le mercure par un courant de 0,5 ampère par décimètre carré, en employant l'acide nitrique dilué à environ 2 pour 100 comme

électrolyte, le mercure comme anode, et la lame de platine comme cathode. Ensuite, il est lavé plusieurs fois dans l'eau distillée, et séché.

c. Distillation. — Il faut distiller au moins deux fois. C'est la même méthode que celle de G. A. Hulett (*Phys. Rev.*, XXXIII, 1911, p. 307). On fait passer, d'une façon continue, de l'air au fond du flacon.

2. *Purification du sulfate de cadmium.* — Le sulfate de cadmium, dit pur, du commerce, est d'abord dissous dans l'eau distillée. Ensuite, on ajoute un peu d'acide sulfurique dilué à cette solution, et on la fait évaporer à la température ordinaire. De quelque origine qu'il soit, il faut le cristalliser au moins deux fois. On prépare une solution saturée employée dans l'élément, en dissolvant les cristaux purifiés, comme il est dit, dans l'eau distillée pure; et la solution doit être neutre pour le papier rouge du Congo. Mais, pour les étalons pratiques, si l'on rend l'électrolyte acide à environ 0,05 N, il sera plus aisé d'obtenir une meilleure permanence de l'élément.

3. *Préparation de l'amalgame de cadmium.* — En employant, comme anode, un bâtonnet constitué par du cadmium à plus de 99,5 pour 100, le mercure purifié comme cathode, et la solution de sulfate de cadmium acidulée comme électrolyte, on dépose le cadmium dans le mercure. Après avoir déposé le cadmium en excès, on abaisse l'amalgame de telle sorte qu'il soit à 10 pour 100.

4. *Préparation du sulfate de mercure.* — Diverses méthodes peuvent servir pour le préparer: par exemple, la méthode d'électrolyse et la méthode chimique; l'électrolyse par le courant direct donne le meilleur résultat.

On prépare le sulfate mercurieux en employant comme anode, le mercure purifié, comme cathode une lame de platine, et, comme électrolyte, l'acide sulfurique dilué pur (1/6 en volume). On prend, pour la densité du courant, 2 ampères par décimètre carré de la surface de mercure. On fait tourner un agitateur (employé en même temps comme anode) à une vitesse de 200 tours par minute. Le sulfate de mercure, étant attaqué par la lumière, doit être électrolysé dans une chambre obscure. Pendant l'électrolyse, il

faut fixer la vitesse de l'agitation avant de faire passer le courant. Quand il ne marche pas bien, il faut d'abord couper le circuit. Après avoir terminé l'électrolyse, il faut continuer à l'agiter encore pendant quelque temps, et unifier la grosseur des grains de sulfate mercurieux. Ensuite, en séparant par décantation, le sulfate mercurieux du mercure, on place le premier avec l'acide sulfurique dilué (1/6) dans une bouteille de verre, et on les conserve dans l'obscurité.

C. MONTAGE DE L'ÉLÉMENT NORMAL :

1. *Vase de verre.* — La meilleure forme est celle en H, en verre dur. D'abord, on laisse le vase de verre rempli d'eau régale pendant 30 minutes, et on lave bien le vase de verre dans l'eau. Ensuite, il faut amalgamer la surface des électrodes de platine, de façon à compléter le contact de celles-ci avec le mercure ou l'amalgame de cadmium. Pour cela, en remplissant un vase en verre de la solution diluée de nitrate de mercure, et en employant des fils de platine spécialement introduits comme anode, les deux électrodes de platine alternativement comme cathode, il faut précipiter le mercure électriquement au moyen de deux éléments de pile sèche. Après avoir amalgamé les électrodes de platine, on lave le vase de verre dans l'acide nitrique dilué et dans l'eau. La surface des électrodes de platine amalgamé est lavée avec un peu de mercure pur. A la fin, le vase de verre est séché dans un séchoir après avoir été lavé dans l'eau distillée.

2. *Ordre et méthode pour l'introduction des matières.* — On met dans un vase de verre dans l'ordre suivant : 1° l'amalgame de cadmium ; 2° le mercure ; 3° la pâte ; 4° les cristaux de sulfate de cadmium, et 5° la solution saturée. On place le sulfate mercurieux dans un creuset de Gooch d'environ 30^{cm}³ ; il doit être lavé par une pompe à eau. On place un papier à filtrer dur coupé en rond au fond d'un creuset, et, dans ce creuset, on introduit le sulfate mercurieux dans la quantité désirée. Après l'avoir lavé une ou deux fois dans l'acide sulfurique six fois plus dilué, on le lave trois fois dans l'alcool distillé pour faire disparaître l'acidité. On lave ensuite le sulfate mercurieux deux ou trois fois dans la solution saturée neutre de sulfate de cadmium employée dans l'élément.

Le sulfate mercurieux obtenu de cette façon est réduit en pâte,

en y ajoutant la poudre de sulfate de cadmium, d'environ un tiers en volume, et la solution saturée en volume convenable. Puisque le sulfate mercurieux obtenu par électrolyse est de couleur grise, et qu'il contient des gouttelettes de mercure, il n'est pas nécessaire d'ajouter du mercure à la pâte.

Lorsqu'on met de la pâte dans le vase de verre, et qu'elle se dépose, on y ajoute des cristaux de sulfate de cadmium. A la fin, on remplit le vase de verre de la solution saturée, et l'on fait communiquer les deux électrodes. Après avoir terminé l'introduction des matières, on essuie bien le haut du vase de verre à l'intérieur, avec un papier à filtre ou une gaze trempés d'eau distillée, puis on soude avec un brûleur à gaz.



RAPPORT

CONCERNANT

LA SITUATION ACTUELLE DES ÉTALONS ÉLECTRIQUES,

EN SE RÉFÉRANT SPÉCIALEMENT A LA PROCHAINE RÉUNION
A PARIS DU COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ.

Présenté par le National Physical Laboratory.

La situation générale, comprenant un résumé historique des étalons qui sont conservés au National Physical Laboratory, a été décrite dans un Rapport présenté à la session de Paris du Comité consultatif d'Électricité, en novembre 1928. Le travail fait depuis cette date est brièvement consigné ci-dessous.

UNITÉS C. G. S.

L'ampère. — La reconstruction de la balance de courant s'est poursuivie d'une façon ininterrompue depuis 1928. L'assemblage est maintenant achevé, et certaines épreuves ont été faites avec cette balance. Une série complète de mesures du courant est commencée, et occupera probablement une partie considérable des deux mois à venir, puisqu'il est entendu que l'on essaiera la méthode des oscillations en même temps que la méthode plus précise des pesées directes.

Les mesures à faire seront virtuellement une détermination de la force électromotrice de l'élément normal Weston.

L'ohm. — La détermination de l'ohm par la méthode de Campbell a été poursuivie d'une façon continue pendant les dix-huit mois écoulés, la plus grande partie desquels a été occupée à rassembler les appareils et à faire quelques expériences préliminaires. Cela a montré les possibilités de la méthode et ses limites. Les différentes catégories ont été examinées pièce après pièce,

afin de satisfaire aux conditions nécessaires pour la précision demandée. Cette section du travail a occupé la partie moyenne du temps consacré aux recherches; elle renferme ce qui suit :

a. Construction de l'inductance mutuelle appropriée, ajustement précis et vieillissement; détermination des coefficients de fréquence de l'inductance mutuelle et résistance effective des enroulements.

b. Construction, ajustement et vieillissement des bobines de résistance appropriées à la mesure faite au pont, et mesure de leur inductance résiduelle.

c. Construction d'un diapason et d'un appareil d'amplification pour la production d'une fréquence bien fixe ayant une bonne forme d'onde, pour servir comme source dans le pont.

d. Production d'autres appareils d'amplification appropriés, et roue phonique pour la mesure précise de la fréquence du diapason, en fonction du temps astronomique donné par une horloge de Shortt.

e. Production et amplification appropriée et appareils de protection sur le galvanomètre servant à signaler, afin de le rendre suffisamment sensible pour qu'il donne la précision d'au moins $1/100000$, sans perturbation due aux forces électromotrices parasites.

L'organisation complète comprend aussi un pont de Smith pour transporter les valeurs de la résistance dans le pont à des bobines étalons du type normal, mesurées en fonction des bobines étalons du Laboratoire.

Chacun des appareils mentionnés ci-dessus a exigé un traitement spécial pour obtenir la précision demandée.

Nous considérons que toutes les difficultés ont été surmontées, et les observations actuelles formant une détermination sont en progrès. Trois séries d'observations dans différentes conditions ont été faites et ont donné une concordance d'environ $1/100000$ de la moyenne. Il est trop tôt pour faire une évaluation précise du rapport actuel de l'ohm international à l'ohm C. G. S., mais on peut dire que la valeur se trouvera certainement entre $1,00050$ et $1,00055$.

La machine Lorenz. — Il n'a rien été fait sur la machine, étant donnée l'impossibilité de poursuivre tout le travail en même temps.

On propose de faire la détermination avec la machine lorsque les observations avec la balance de courant seront terminées.

UNITÉS INTERNATIONALES.

L'ohm. — Il n'a pas été fait d'autre travail sur l'ohm mercuriel depuis la détermination faite par Hartshorn en 1925-1926, et les mesures de comparaison sur les longueurs du tube faites en 1926-1927, qui concordent entre elles à quelques millièmes près.

La position entre l'ohm international et les étalons en fil sera discutée séparément plus loin dans ces Notes.

Étalons de résistance en fil. — Les étalons en fil du Laboratoire ont été comparés les uns aux autres, chaque année, et le rapport des bobines unités aux dix, cent et mille a aussi été redéterminé deux fois à l'aide des boîtes que nous avons construites.

Une série de huit bobines de l'ohm, de récente construction, élaborées d'après un plan nouveau, ont été soumises à des observations serrées pendant deux ou trois ans. Ces bobines sont faites de fil d'« ohmal », obtenu au moyen du matériel établi au Laboratoire, très peu avant la guerre.

Le fil a été tiré par divers trous sans avoir été recuit, et les bobines ont été faites au moyen d'échantillons choisis de ce fil. Après un vieillissement préliminaire pendant les six mois postérieurs à leur obtention, les bobines ont montré une constance qui ne paraît pas inférieure, pour la conservation de l'unité, à celle de nos meilleures bobines étalons.

Les coefficients de température des bobines ont été déterminés, et sont intéressants, en ceci, que les bobines forment deux groupes, suivant leur teneur en manganèse.

Quatre des bobines sont faites en manganine avec 9 pour 100 de manganèse et quatre avec 11 pour 100 de manganèse. Les premières montrent une résistance maximum à 25° et les secondes à 15°. Prenant la température de la résistance maximum comme origine, le changement dans la résistance avec la température suit une loi exponentielle très précise, savoir $\Delta R = -\alpha \Delta \theta x$, où α est une constante et $\Delta \theta$ la différence de température, sans tenir compte du signe par rapport à celle à laquelle la résistance est maximum; x est une variable.

La variable x est comprise entre 1,9 et 2,3 pour différentes bobines, et la loi est valable pour les températures comprises entre 0° et 40°, avec une précision de 1 ou 2 dix-millionièmes de la résistance.

La valeur de a est de l'ordre de $0,3 \cdot 10^{-6}$. Donc, pour un changement de 5 degrés à la température à laquelle R est un maximum, le changement de R est d'environ — 8 millionièmes.

Les bobines prennent leur température d'équilibre lorsqu'elles sont plongées dans l'huile pendant 10 minutes environ, et semblent constituer, de divers points de vue, un perfectionnement de toutes les bobines faites jusqu'ici. Nous nous proposons d'employer quelques-unes de ces bobines pour le transport dans d'autres pays et retour pour les comparaisons internationales.

Éléments étalons. — Des lots d'éléments ont été faits dans chacune des années passées, et ont été employés en même temps que ceux des années précédentes, dans le but de perpétuer les unités dérivées représentées par l'élément normal Weston.

Les différences par rapport à la moyenne des groupes d'environ 24 éléments, mis sur pied pendant les années 1925 à 1929, sont les suivantes :

Année.	Différence de la moyenne en microvolts.
1925.....	+ 19
1926.....	— 6
1927.....	— 3
1928.....	— 14
1929.....	+ 7

La variation moyenne de la valeur moyenne est $10 \mu V$, qui représente donc la précision probable de la reproduction de l'unité d'année en année. La moyenne des groupes de plusieurs années sera probablement dans les limites de ± 5 millionièmes.

Eu égard aux différences dans les températures de référence employées dans divers pays, et puisque nous avons peu d'informations concernant les coefficients de température des éléments acides, des séries d'observations ont été faites sur deux groupes d'environ 8 éléments chacun, de diverses acidités connues. Les températures n'ont pas été prises sur des intervalles étendus, mais embrassaient celles employées dans divers laboratoires. Les résultats de ces mesures sont donnés dans le tableau ci-joint, qui

comprend les valeurs calculées d'un élément normal Weston, en employant la formule généralement acceptée.

Acidité.	Différences de potentiel en μV , par rapport à 17°.			
	17°.	20°.	25°.	28°.
0,00 N (calc.).....	0	—114	—338	—494
0,05 N.....	0	—108	—333	—490
0,1 N.....	0	—109	—339	—497
0,2 N.....	0	—112	—336	—496
0,3 N.....	0	—110	—347	—498
0,4 N.....	0	—113	—347	—507
0,5 N.....	0	—112	—342	—497

Les résultats montrent une grande régularité, et il n'existe aucune corrélation particulière entre le changement de température de force électromotrice et l'acidité. Le coefficient croit peut être un peu avec l'acidité.

A la demande de M. Guillaume, M^{me} Foehringer est venue au N. P. L. en septembre 1929 et a fait des séries d'éléments étalons, en employant des matériaux et des tubes apportés de Paris. Le mercure a été pris dans la provision du mercure douplement distillé au Laboratoire.

Trois groupes d'éléments ont été combinés :

- a. Avec 0,1 N d'acidité avant la solution de SO^+Cd ;
- b. Éléments aussi neutres que possible;
- c. Éléments d'acidité 0,1 N, en employant du sulfate de cadmium du N. P. L.

Les groupes *a* et *c* concordaient entre eux à moins de 4 millièmes près et donnaient une différence de 8 millièmes par rapport à l'unité moyenne du N. P. L.

Le groupe *b* fournissait des résultats entièrement satisfaisants. Les différences de l'unité du N. P. L. ont varié de 0 à + 450 μV .

Les groupes *a* et *c* ont été observés pendant six mois au N. P. L., et ont été emportés à Paris par M^{me} Foehringer. Un examen soigné de tous ces éléments, pendant plusieurs années, a montré que certains groupes émettent une faible quantité de gaz dans l'enveloppe de l'amalgame de cadmium et éprouvent une augmentation de résistance; dans certains cas, le gaz a causé une séparation complète des cristaux de sulfate de cadmium par rap-

port à la surface de l'amalgame, mettant ainsi l'élément hors d'usage.

L'effet est limité à certains groupes faits en série et montre une action croissant avec l'acidité. D'un autre côté, d'autres groupes formant d'autres séries ne montrent les effets dans aucun des éléments avec une acidité quelconque. Les mêmes effets ont été observés dans les éléments établis à la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S.

Bien que l'acidité ne soit pas seule en cause, il serait néanmoins désirable de la réduire au-dessous de la valeur de 0,1 N maintenant en usage (1). Des séries d'éléments formant le groupe de cette année sont en cours de construction et seront faites avec des acidités faibles, mais variables, descendant à 0,01 N. Dans un travail exécuté précédemment sur les éléments étalons, on a trouvé, avec un amalgame contenant plus de 10 pour 100 de Cd, que la rapidité de refroidissement de l'amalgame a un effet marqué sur la force électromotrice, et il se peut qu'un plus petit effet cumulatif avec le temps puisse se produire avec l'amalgame à 10 pour 100, s'il est refroidi rapidement dans son enveloppe. Des expériences sur les effets des différents traitements de l'amalgame seront faites pour voir si la non-uniformité de constitution produit une action électrolytique locale, aboutissant à ce que le cadmium entre en solution avec un développement d'hydrogène.

COMPARAISONS INTERNATIONALES.

Résistance. — Les importantes comparaisons internationales, déjà faites à la date du rapport auquel on s'est référé précédemment, ont été rassemblées et commentées dans ce rapport. Depuis lors, diverses comparaisons subséquentes ont été faites; elles seront résumées ci-après.

En 1927, deux bobines envoyées en France ont donné les résultats :

$$\text{Unité française} = 1 + 28 \cdot 10^{-6} \text{ unité N. P. L.}$$

Trois bobines reçues d'Amérique ont donné :

$$\text{Unité américaine} = 1 - 23 \cdot 10^{-6} \text{ unité N. P. L.}$$

(1) Variation de la force électromotrice avec l'acidité = $-61 \mu\text{V}$ pour un accroissement de 0,1 N.

En 1929, trois bobines d'un ohm, reçues du Bureau of Standards, ont donné

$$\text{Unité américaine} = 1 - 26.10^{-6} \text{ unité N. P. L.}$$

Des mesures ultérieures sur des bobines, emportées par M. Jimbo de laboratoire à laboratoire, en Europe et en Amérique, ont donné les résultats suivants :

Unité américaine	=	1 - 30.10 ⁻⁶	unité N. P. L.
» allemande	=	1 - 28.10 ⁻⁶	»
» japonaise	=	1 - 45.10 ⁻⁶	»
» de l'U. R. S. S.	=	1 - 35.10 ⁻⁶	»

Ces résultats ont été extraits d'un rapport rédigé par M. Jimbo. Bien qu'il y ait une discordance dans la valeur assignée à l'unité allemande, comparée à celle communiquée par M. von Steinwehr, nous croyons corrects les résultats donnés dans le rapport de M. Jimbo.

Comparaisons d'éléments étalons (suite). — Les résultats obtenus pendant un certain nombre d'années entre le Bureau of Standards et le N. P. L. montrent un accroissement permanent dans la différence entre les unités des deux laboratoires, comme il est montré ci-dessous :

Année de la comparaison.	Unité N. P. L.
	Unité B. S.
1914.....	+ 7.10 ⁻⁶
1921.....	+19 »
1926.....	+20 »
1927.....	+22 »
1928.....	+30 »
1929.....	+30 »

Commentaires. — Comme on l'a constaté déjà, des comparaisons directes seront faites presque immédiatement, en employant de nouvelles bobines d'un ohm construites pour cet usage et un groupe plus étendu d'éléments; et il apparaît que la prochaine session à Paris offrira une occasion convenable pour transporter les bobines et les éléments.

Il a été noté, dans le rapport de M. Jimbo, que la certitude accumulée appuie l'idée que l'ohm international ne peut pas être

représenté pour une période atteignant vingt années par le moyen de bobines en fil, mais que les ohms à mercure représentent une reproduction de l'unité à laquelle on peut se fier dans le temps présent.

Il y a des raisons de croire que les valeurs assignées aux bobines du N. P. L., à l'époque où l'on a établi l'unité moyenne de Washington, en 1910, n'exprimaient pas leurs résistances en fonction d'une unité idéale à mercure, mais que les valeurs ont été données en fonction d'une unité probablement de $2/100000$ plus grande que l'unité idéale à mercure.

Il y a une probabilité aussi que les bobines se soient toutes modifiées dans le sens d'un accroissement de la discordance entre l'unité qu'elles représentent et l'unité idéale.

Comme les courbes de M. Jimbo l'ont montré, et comme nous le signalons dans ce rapport, les comparaisons entre l'Allemagne, le Japon et l'U. R. S. S., qui ont adopté comme base des ohms à mercure récemment réalisés, présentent une concordance très bonne. Le Bureau of Standards montre aussi une bonne concordance, bien qu'il ait gardé pour son unité des bobines de fil. L'unité du N. P. L., cependant, se tient maintenant loin de celles-là, dans la même direction que les unités à mercure réalisées au Laboratoire en 1912 et 1925.

Les deux déterminations faites au N. P. L. diffèrent de 25 millièmes de l'unité représentée par les bobines de fil du N. P. L. Il est probable qu'une partie seulement de cette différence est due à un changement des bobines, mais, par défaut de preuves, il ne semblera pas déraisonnable de changer l'unité, de manière à amener les valeurs des bobines sur la même ligne que l'unité moyenne à mercure.

Cela entraînerait un accroissement d'environ 30 millièmes dans les valeurs attribuées à toutes les bobines.

L'unité du N. P. L. serait alors amenée en bonne concordance à la fois avec l'unité moyenne basée sur les récentes déterminations des unités mercurielles dans d'autres pays, et aussi avec nos propres ohms à mercure.

Notre unité serait alors d'accord avec notre propre ohm à mercure, et concorderait à environ 5 millièmes près avec la moyenne des unités des quatre autres pays.

Il y a d'autres preuves en faveur de la probabilité de la valeur moyenne de Washington, supposée, comme elle est maintenant donnée par nos bobines, qu'elle soit discordante de l'unité idéale

à mercure; dans les mesures faites par la balance de courant de F. E. Smith en 1908, et celles de Vigoureux en 1927, la valeur 1,01830 a été obtenue par l'élément normal Weston, en employant l'ohm à mercure comme résistance, et non pas les unités formées de bobines de fil.

Intercomparaisons des éléments étalons. — Pendant la première partie de 1927, quatre éléments ont été établis au Laboratoire, et deux au Bureau of Standards; ils ont été vérifiés à chacun de ces laboratoires. Les valeurs données par le Bureau of Standards étaient, en moyenne, de 8.10^{-6} volt plus élevées que celles trouvées à notre Laboratoire.

En 1928-1929, une série de comparaisons a été faite au moyen d'éléments portés de laboratoire en laboratoire par M. Jimbo.

Les résultats de ces comparaisons sont les suivants :

Unité américaine	= 1 — 19.10^{-6}	unité du N. P. L.
» française	= 1 — 32.10^{-6}	»
» allemande	= 1 — 81.10^{-6}	»
» japonaise	= 1 — 14.10^{-6}	»
» de l'U. R. S. S.	= 1 — 74.10^{-6}	»

Les résultats des éléments américains apportés en 1929 par le Dr Dickinson ont donné la valeur :

$$\text{Unité américaine} = 1 - 22.10^{-6} \text{ unité N. P. L.}$$

qui concorde suffisamment avec les nombres du précédent tableau.

D'autres mesures ont été faites en Allemagne sur ces éléments, mais l'information concernant les résultats n'a pas été obtenue jusqu'ici au N. P. L.

Il est clair, cependant, qu'un beaucoup plus grand nombre de comparaisons est désirable, avec un examen serré des procédés exacts employés dans chaque pays pour conserver l'unité.

Les résultats, représentant la situation générale donnée dans le rapport au Comité consultatif en 1928, sont les suivants :

Unité américaine	= 1 — 10.10^{-6}	unité N. P. L.
» française	= 1 + 40.10^{-6}	»
» allemande	= 1 — 60.10^{-6}	»
» japonaise	= 1 + 8.10^{-6}	»
» de l'U. R. S. S.	= 1 — 62.10^{-6}	»

Le signe de la différence dans l'unité française semble une erreur du rapport, et sera corrigé. Autrement, la situation générale est conservée, à cela près que les divergences sont plus grandes.

La question de la méthode consistant à attribuer des valeurs aux éléments étalons demande un examen soigné, car beaucoup de pays adoptent 1,01830 pour l'élément normal Weston, à 22°; l'Allemagne, toutefois, lui donne des valeurs en fonction de son propre ohm international à mercure, et de son ampère international obtenu au voltamètre.

Un examen des variations dans la force électromotrice des différents éléments, employés dans ces comparaisons pendant et après le retour dans le pays d'origine, montre, cependant, qu'il a été utilisé un nombre beaucoup trop faible d'éléments étalons.

EXTRAIT D'UNE LETTRE ÉCRITE

LE 17 MAI 1930

Par M. PAUL JANET à M. CH.-ÉD. GUILLAUME.

Je vous remercie de m'avoir communiqué la lettre de M. le Président Paschen. Après y avoir mûrement réfléchi, je crois qu'il n'y a aucun inconvénient à ce que le Comité consultatif des unités électriques s'occupe également des unités photométriques : le point de vue auquel ce Comité devra envisager la question est, en effet, tout différent de celui sous lequel il se présente à la Commission internationale de l'Éclairage. Dans presque tous les pays, il existe des organismes d'État qui sont chargés de la conservation des unités lumineuses au même titre que de la conservation des unités métriques ou électriques ; ce sont ces établissements qui doivent fournir aux industriels de leur pays les étalons dont ils ont besoin, et dont les mesures font foi en cas de conflit. Il est donc de toute nécessité que les valeurs attribuées aux unités soient les mêmes dans tous les pays, et cela ne peut avoir lieu que s'il existe un organisme de contrôle, en l'espèce, le Comité international des Poids et Mesures, qui arrivera à ce résultat par l'établissement d'un programme de comparaisons internationales.

L'examen et la discussion des résultats de ces comparaisons par la Commission elle-même, ou par un Comité qu'elle aura spécialement désigné, permettra de se rendre compte, jusqu'à quel point cette unification est réalisée.

Dans le cas où il résulterait de cet examen que cette unification n'est pas réalisée avec toute la précision actuelle de la technique, l'organisme de contrôle, qui aura un caractère officiel, pourra prendre toutes les mesures nécessaires pour arriver au but qu'il poursuit. Il aura qualité par exemple pour demander à un pays de modifier légèrement les valeurs attribuées à ses étalons d'intensité lumineuse.

Il devra étendre également sa compétence à la réalisation des étalons secondaires en spécifiant les méthodes à employer pour

passer des étalons primaires, qui actuellement sont constitués par des groupes de lampes à filament de charbon, aux étalons secondaires (lampes usuelles), de façon que les étalons secondaires des divers pays soient aussi comparables.

Mais là, à mon avis, se borne le rôle du Comité international des Poids et Mesures.

La manière dont doivent être utilisés les étalons secondaires pour la photométrie des sources lumineuses est une question qui regarde la Commission internationale de l'Éclairage.

Il me paraît d'ailleurs indispensable qu'une entente intervienne entre cette Commission et le Comité international des Poids et Mesures; il me semble que cette entente, basée sur les considérations précédentes, se fera facilement.



LETTRE DE M. LE PRÉSIDENT PASCHEN A M. VOLTERRA

DU 10 AVRIL 1930.

1° Le Comité devrait approuver la décision qu'il soit entrepris, comme il a été fait à Washington en 1910, une comparaison internationale des unités de force électromotrice et de résistance appartenant aux pays qui sont pourvus des installations permettant l'ajustage de ces étalons. Il ne paraît pas nécessaire que, lors de la réunion, comme lors de la susdite conférence à Washington, on fasse aussi des mesures du voltamètre à argent, car il n'est plus question de chercher les meilleures conditions d'expérience pour le voltamètre à argent, et d'établir des prescriptions pour celui-ci. Il serait peut-être parfaitement suffisant, si, dans chacun des pays prenant part à la session, une détermination de la force électromotrice d'un élément Weston était faite avec le voltamètre à argent avant la fin de la réunion, de telle sorte que, à l'endroit de la session, il soit fait seulement une comparaison des étalons de résistance et des éléments normaux, à laquelle tous les participants à la session pourraient prendre part.

Pour fonder cette proposition, puis-je attirer votre attention sur les discordances croissantes auxquelles arrivent les valeurs de l'unité de force électromotrice des différents pays? Ces discordances pourraient bien être constatées, dans les comparaisons éventuelles, par la voie ordinaire, mais elles ne pourraient pas être approfondies dans leurs causes et, dès lors, écartées. Cela me semble seulement possible par la voie proposée. Le besoin d'une concordance internationale des valeurs des unités électriques est trop évident pour qu'il soit nécessaire d'en dire davantage. Mais aussi, en considération du passage prévu des unités internationales aux unités absolues, il paraît important que la concordance des anciennes unités soit rétablie, avant qu'on passe à d'autres problèmes.

2° Avant que l'on puisse laisser de côté l'ancienne base, on devrait, comme c'était l'intention du Comité consultatif, dans le

laboratoire auquel est confié le travail des unités électriques, entreprendre des recherches sur la valeur d'au moins deux unités, afin que la nouvelle base soit connue avec la même sûreté et la même précision que l'on avait obtenues avec les vieilles unités internationales.

En considération des travaux futurs du Comité, qui seront influencés par ces comparaisons, il me semble désirable que le Comité consultatif prenne connaissance des projets et de l'état des travaux se rapportant à ce qui précède, et que cette connaissance soit conservée dans le travail courant. Je propose donc que le Comité veuille bien décider que les Instituts, dont il est question ici, soient invités à faire un rapport sur les travaux concernant les unités absolues.

Les propositions ci-dessus sont faites avec l'assentiment de M. le Professeur von Steinwehr.

ÉTAT DES TRAVAUX PRÉPARATOIRES ;

Par M. CH.-ÉD. GUILLAUME.

1° *Bâtiments.* — Le Comité consultatif d'Électricité venait de se séparer, en novembre 1928, lorsque nous reçûmes du professeur John Trowbridge l'avis télégraphique que le Comité de l'Institut Rockefeller avait accordé, au Bureau international, la subvention de 90000 francs, qui avait été sollicitée pour l'érection du nouveau bâtiment.

Nous commençâmes aussitôt la fouille, qui fut longue; il fallut en effet creuser le terrain de 3 mètres environ, et abattre le sol de la colline sur une profondeur de 6^m.

Dans la fouille nous trouvâmes quelques bancs de sable et de terre glaise. Le sable put en partie être réemployé. Il y eut aussi des veines très riches en fossiles, et, sous le sol, une sorte d'armoire en pierre qui provenait d'une ancienne construction, et dont la destination est restée mystérieuse. Nous trouvâmes aussi une quantité respectable de moellons, qui furent employés à la construction du nouveau bâtiment.

Nous reçûmes de l'architecte en chef du domaine de Saint-Cloud l'autorisation de verser les déblais dans le parc, ce qui créa pour nous une sérieuse économie.

Pendant ce temps, nous poursuivions activement auprès de l'Administration des Domaines et de la Direction des Beaux-Arts, la cession d'une bande de terrain de 5^m de largeur, et d'une contenance de 284^m²,85.

Aussitôt que la décision y relative nous eut été communiquée, nous fîmes construire une palissade parallèle au domaine du Pavillon de Breteuil, enveloppant de deux mètres environ du côté du parc le nouveau terrain qui nous était alloué. Nous abattîmes le mur de clôture du côté nord, nous démontâmes la grille, et commençâmes bientôt à réédifier un support à 5 mètres de distance de sa position primitive. Le travail s'est poursuivi sans interruption, soit par le déblaiement du terrain, soit plus tard

par l'édification du mur de soutènement, surmonté d'une grille ainsi que l'avait désiré la direction du parc. Lorsque le déblaiement fut achevé, nous commençâmes la construction d'un mur en ciment, du côté de la colline. Ce mur, très solide, a été calculé de façon à résister à la poussée des sables.

La nouvelle construction proprement dite fait exactement suite à l'ancien laboratoire. Les couloirs devant et derrière continuent ceux déjà existants. La seule différence est que les salles n'ont que 4^m,10 de haut, au lieu de 5^m,10 dans l'ancien bâtiment.

On a prévu trois salles principales qui portent les numéros 7, 8 et 9. La salle 7 est destinée aux mesures interférentielles, très à l'étroit dans la salle 6. Entre les deux salles, on a percé le mur, de manière à assurer une porte de communication.

La nouvelle salle possède quatre massifs dont deux se composent de plusieurs piliers. Ils reposent directement sur le sol de la salle 7', qui est entièrement occupée par eux. Les salles 8 et 9 au contraire n'ont pas de massifs, et par conséquent laissent libres au sous-sol les salles 8' et 9', destinées, selon les prévisions, aux mesures photométriques et peut-être à l'étalon de durée, si le Comité consultatif et le Comité international des Poids et Mesures approuvent cette destination.

La salle 8' n'a pas de communication avec l'étage supérieur, tandis que, dans le plancher de la salle 9, on a prévu une trémie, fermée par le parquet, et qui permettra de descendre les appareils de photométrie, assez volumineux, et qu'on ne pourrait pas faire passer par les couloirs ordinaires. La salle 8' n'ayant pas d'aérage naturel, on a installé un ventilateur électrique qui prend l'air à l'extérieur.

En avant des trois salles 7', 8' et 9', se trouve un couloir prolongeant celui dans lequel est installée la base. Le mur du couloir recevra des repères jusqu'à 50^m du départ; ils permettront de faire des mesures jusqu'à cette longueur. On ne sera donc plus tenu, pour étudier les longs fils, d'utiliser la base du parc, installée en 1905.

A la partie antérieure du bâtiment, deux salles en sous-sol sont destinées respectivement à recevoir le calorifère, et à développer les clichés photographiques. Une partie pourra aussi servir de cave pour le logement du gardien.

Au rez-de-chaussée surélevé, au même niveau que l'ancien laboratoire, se trouvent deux salles assez spacieuses, dont une est destinée à recevoir les appareils ayant accompli une longue

carrière au Bureau international, et qui, pour cela, sont devenus vénérables, mais qui, aujourd'hui, ont été remplacés par d'autres plus modernes. On y mettra aussi quelques documents relatifs à la fondation du Système métrique, etc. L'autre salle doit servir de dépôt pour les instruments envoyés au Bureau par les Gouvernements ou les Instituts scientifiques, et qui sont momentanément à l'étude. Nous pourrons ainsi dégager le couloir du Bureau et surtout l'ancienne salle 8, où l'on remisait les caisses destinées à contenir les règles géodésiques, les tambours de fils, etc.

Pour pouvoir poursuivre tranquillement les travaux d'édification du bâtiment, l'observatoire actuel a été complètement isolé, et les couloirs avant et arrière, fermés à l'extrémité par des murs provisoires en briques, qui seront enlevés lorsque le nouveau bâtiment sera clos.

Les salles 7 et 8 sont éclairées par le haut, au moyen de trémies closes par des vitrages; la salle 9 reçoit sa lumière de fenêtres situées en contre-bas du mur de clôture nord. Celui-ci sera blanchi de manière à diffuser la lumière.

On atteint le premier étage par un escalier de bois. Les pièces qu'on y a aménagées sont essentiellement trois bureaux, le laboratoire de chimie destiné à la préparation et au traitement des éléments Weston, et le logement d'un gardien, qui sera prochainement engagé.

Nous avons longtemps hésité à pratiquer les trémies dans le plancher de ce second étage, pour éclairer les salles 7, 8 et 9; et après mûre réflexion, nous y avons renoncé pour la salle 9, en prévoyant que le toit de l'ancien bâtiment serait prolongé jusqu'au-dessus de la salle 8.

On accédera directement du second étage dans le grenier de l'observatoire, où jusqu'ici on a placé les anciens instruments du Bureau, des livres formant des collections, et un certain nombre d'ouvrages d'intérêt secondaire.

Nous avons renoncé, comme nous en avons formé le projet, à construire un escalier tournant au milieu de l'ancien bâtiment pour gagner l'étage supérieur, comme aussi nous avons modifié les plans primitifs, qui prévoient l'installation du chauffage au-dessous de la salle des accumulateurs. En effet, cette disposition n'aurait pas été sans inconvénient, à cause du voisinage des caveaux, des manipulations de charbon pour l'approvisionnement, etc.

Malheureusement, le mauvais temps qui a régné presque en permanence ce printemps, et l'humidité qui en est résultée n'a pas permis d'avancer le bâtiment autant que nous l'aurions voulu. Les parquets ne sont pas encore posés, les plâtrages des murs n'étant pas assez secs.

* * *

La subvention, que nous avons calculée assez largement, d'après les plans faits au printemps de 1928, sera certainement dépassée. D'abord les matériaux et la main-d'œuvre ont augmenté d'environ 30 pour 100; ensuite l'installation du chauffage nous a obligés à agrandir le nouveau bâtiment. Toutefois, nous croyons que le Bureau pourra s'en tirer en prenant le complément sur les frais d'installation, pour lesquels on a prévu 200 000 francs.

2° *Installations.* — Tout d'abord, le chauffage, dont l'absence a été vivement ressentie depuis le début des travaux du Bureau, sera aménagé dans les conditions correspondant aux nécessités actuelles. Il faut en effet assurer non point un chauffage ordinaire, mais autant que possible l'uniformité de la température dans le temps et dans l'espace; puis aussi une aération suffisante, avec un abaissement raisonnable de l'humidité.

Pour cela, on a profité des installations faites pour le chauffage de précision, qui utilisait, à l'arrière des salles, certaines machines destinées à répartir le liquide chaud ou froid entre les parois, et qui ont été démontées en 1901; on a ainsi aménagé, sur leur emplacement, des placards, qui s'adaptent très bien à l'abri des radiateurs, lesquels pourront être isolés des salles par les portes des placards, et pourront au contraire être rendus très actifs par des ventilateurs que l'on placera à l'arrière et qui souffleront de l'air chaud dans les salles. Pour alimenter ces ventilateurs, des conduites sont prévues, qui amèneront de l'air pur du dehors. Pour les salles où la température doit être particulièrement constante et uniforme, comme les salles 5, 6 et 7, des précautions spéciales seront prises pour l'installation des radiateurs et pour leur fonctionnement.

Ces mêmes salles, 5, 6 et 7, doivent posséder de l'air de composition normale; pour la salle 5, à cause de la poussée exercée sur les poids, pour les salles 6 et 7, à cause de l'indice de réfraction. Si l'air est vicié si peu que ce soit, sa densité et son indice n'ont plus leur valeur normale, et les expériences sont faussées.

*
* *

Nous avons aussi commencé l'installation de mesures électriques, bien que nous ne puissions pas utiliser encore les nouvelles salles, qui sont de construction trop récente; l'humidité en effet y possède une valeur voisine de la saturation.

Mais nous avons commandé un potentiomètre, qui a été livré récemment par la Société des Ouvriers en Instruments de précision, et qui, pour le moment, est au Laboratoire central d'Électricité, en vue d'examen.

Dans le même ordre d'idées, nous nous sommes procuré des étalons de force électromotrice. M^{me} A. Foehringer, qui est particulièrement compétente dans leur préparation et leur comparaison, a construit des étalons au moyen de tubes de verre exécutés par la Société Rhône-Poulenc, et qu'elle a ensuite remplis, suivant quatre modes différents. Ces éléments ont été comparés à Teddington, puis à Paris. Le détail en est donné dans le rapport que M^{me} Foehringer a rédigé, et que les membres du Comité consultatif ont en mains.

Pour les résistances électriques, après m'être informé de divers côtés, j'ai commandé des étalons chez Otto Wolf, à Berlin. Ils sont expédiés. J'en ai commandé aussi un à Londres, à la Maison H. Tinsley et C^o, qui l'enverra prochainement. Je n'ai pas cru en effet devoir devancer beaucoup l'achèvement et le séchage des laboratoires, parce que les étalons auraient dû être laissés en attente.

J'étudie la construction d'un bain, qui sera entretenu à température constante. L'appareil est déjà commandé à la Maison Proust à Paris; il se compose de deux auges, une intérieure, qui contiendra de l'huile de vaseline, l'autre extérieure, qui sera remplie d'eau. Un thermo-régulateur électrique et un agitateur assureront la constance et l'uniformité de la température. Nous aurons probablement besoin de trois ou quatre bains semblables, et les autres seront commandés aussitôt que le premier aura été étudié.

Pour déterminer les valeurs des résistances, j'ai l'intention de monter un dispositif assez semblable à celui que j'ai décrit en 1891 (1). Le dispositif, qui est employé couramment au Laboratoire central d'Électricité, consiste à mettre une dérivation sur

la résistance à comparer, et à la régler de telle sorte que cette résistance devienne égale à celle d'une tare, shuntée ou non. Le diagramme de ce dispositif est donné dans la figure 1. AB est une résistance quelconque servant de tare, CD successivement

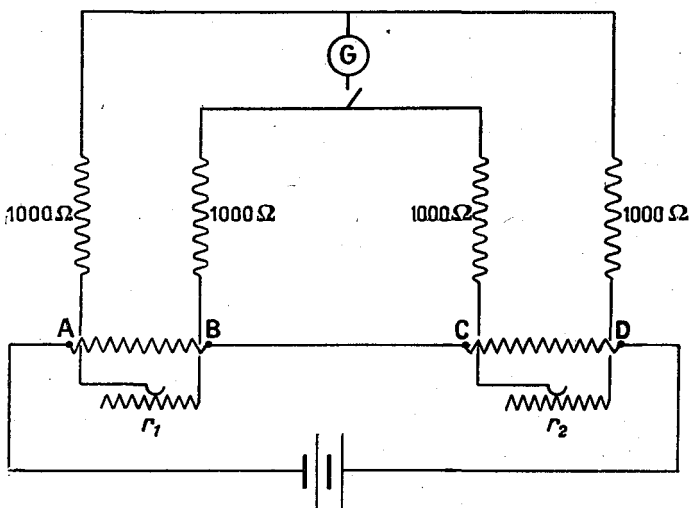


Fig. 1. — Schéma de la comparaison des unités de résistance.

des ohms à comparer; r_1 est réglé de façon qu'on soit obligé de mettre une dérivation à l'ohm CD, par une résistance r_2 , pour avoir l'équilibre. On substitue à l'ohm CD celui qu'on veut lui comparer, et l'on retrouve l'équilibre par une valeur r'_2 de la dérivation.

Ce dispositif sera réalisé aussitôt que l'on pourra travailler dans les nouvelles salles.

Pour le reste, nous nous inspirerons des comparaisons faites et des méthodes décrites dans plusieurs rapports qui ont été présentés au Comité consultatif d'Électricité.

(¹) Ch.-Éd. GUILLAUME, *Rapport sur l'étude des étalons mercu-riels de résistance électrique (Procès-Verbaux du Comité international, 1891, p. 183.*

RAPPORT

SUR LA

COMPARAISON INTERNATIONALE DES ÉTALONS ÉLECTRIQUES, ET PROPOSITIONS CONCERNANT LES COMPARAISONS INTERNATIONALES FUTURES ;

Par MM. K. TAKATSU et S. JIMBO,
du Laboratoire électrotechnique, à Tokyo.

I. — PRÉFACE.

Considérant le statut actuel des unités internationales conservées dans divers pays et les résolutions qui ont été prises lors de la récente réunion du Comité consultatif d'Électricité, nous pouvons reconnaître l'importance des comparaisons internationales d'étalons électriques.

S. Jimbo, l'un des auteurs de la présente Note, qui assistait, comme représentant du Laboratoire électrotechnique à la session du Comité consultatif d'Électricité, a visité les laboratoires nationaux d'Allemagne, d'Angleterre et des États-Unis, emportant avec lui les étalons électriques du Japon et ceux de l'U. R. S. S. Nous avons un grand plaisir à noter ici les résultats de ces comparaisons internationales comme référence pour la session future du Comité et nous désirons exprimer notre reconnaissance aux laboratoires nationaux par la courtoisie desquels cette œuvre importante a été exécutée.

II. — LE COURS DES COMPARAISONS INTERNATIONALES.

S. Jimbo a quitté Tokyo pour Berlin en septembre 1928, via Sibérie, emportant avec lui trois éléments Weston n^{os} 113, 172 et 243, faits par le Laboratoire électrotechnique et deux bobines d'un ohm en manganine, L-20412 et L-20636, construites par la Compagnie des Instruments de Cambridge.

Immédiatement après son arrivée à Berlin, il déposa ses étalons à la P. T. R. pour les comparaisons internationales, et il reçut du professeur von Steinwehr le certificat ⁽¹⁾ du 28 décembre 1928. Ces étalons électriques ont été laissés à Berlin jusqu'en juin 1929.

Lors de la réunion du Comité consultatif d'Électricité, tenue à Paris en novembre 1928, M. M. Malikov a été prié de faire des comparaisons internationales avec les étalons de l'U. R. S. S. Dans ce but, quatre étalons normaux Weston, nos 122₁, 122₂, 129₁, 129₂ et un couple de bobines de 1 ohm en manganine nos 50 et 55, ont été apportés en mai 1929, de Léninegrad à la P. T. R. par M. M. Smurov. Tous ces étalons électriques ont été construits à la Chambre centrale des Poids et Mesures à Léninegrad; les éléments nos 129₁, 129₂ ont été apportés, en novembre 1928, au Laboratoire central d'Électricité par M. M. Malikov pour des comparaisons internationales. Les mesures de ces étalons, faites à la P. T. R., ont été terminées en juin 1929.

En août 1929, M. Jimbo visita le N. P. L. et y laissa tous les étalons. Lorsque leurs mesures furent achevées, une des bobines de l'U. R. S. S. n° 55 était endommagée dans ses conducteurs extérieurs, et une seule mesure a été faite sur cette bobine. Toutes les mesures au N. P. L. furent terminées le 26 août et les certificats du N. P. L. délivrés le 7 septembre 1929.

M. Jimbo se rendit au Bureau of Standards en septembre 1929 et y déposa tous les étalons.

La bobine n° 55 fut retirée de son étui, et une connexion temporaire a été faite de façon à ne pas modifier la valeur de sa résistance. Toutes les mesures au Bureau of Standards furent achevées le 1^{er} octobre 1929.

Les étalons furent alors, avec leurs certificats, rapportés à Tokyo en traversant le Pacifique. En novembre 1929, les étalons du Japon avaient fait le tour complet du globe et avaient été rapportés par M. Jimbo.

A son retour, tous les étalons électriques furent mesurés, et l'on trouva qu'il n'y avait pas de changement appréciable dans ces étalons, excepté en ce qui concerne les bobines de l'U. R. S. S., nos 50 et 55.

Les mesures faites sur les étalons de l'U. R. S. S. au L. E. T. furent terminées le 3 décembre 1929, et ces étalons ont été remis

(1) Les certificats corrigés ont été reçus le 2 janvier 1930.

à M. Flaxermann pour être envoyés à la Chambre centrale des Poids et Mesures; le certificat a été transmis à M. Malikov.

III. — LES RÉSULTATS DES COMPARAISONS INTERNATIONALES.

Il est intéressant de rechercher comment les valeurs des étalons électriques se modifient durant le transport autour du monde. Nous n'avons pas reçu jusqu'ici le rapport des mesures faites par la Chambre centrale sur les étalons de l'U. R. S. S. Nous ne pouvons, par conséquent, indiquer que les résultats obtenus au moyen des étalons japonais. Ces résultats sont résumés dans le tableau suivant :

TABLEAU I.

Étalon.	N°.	Mesure d'août 1928.	Mesure de déc. 1929.	[1929]—[1928].	Moyenne.
Éléments normaux Weston	113.....	1,018297	1,018295	— 2.10 ⁻⁶	1,018296
	172.....	1,018290	1,018289	— 1 »	1,018290
	243.....	1,018296	1,018288	— 8 »	1,018292
Résistances en manganine	L-20412...	1,000028	1,000018	—10 »	1,000023
	L-20636...	1,000012	0,999986	—26 »	0,999999

La moyenne des changements des éléments normaux Weston, pendant le transport autour du monde, est d'environ -4.10^{-6} , et celle des bobines de résistance en manganine est d'environ -18.10^{-6} ; en d'autres termes, l'élément normal Weston montre une constance satisfaisante, tandis que les bobines de manganine accusent un changement considérable de leurs valeurs. Ce changement est sans doute causé par les chocs mécaniques et les variations de la température ambiante pendant le transport, bien qu'elles aient été portées à la main. Sur ce point, nous ne sommes pas encore complètement fixés, et il conviendra de voir la chose avec soin dans les futures comparaisons internationales.

Les valeurs obtenues dans les différents laboratoires sont résumées dans les tableaux II-A et II-B, où les valeurs données par le L. E. T. indiquent les valeurs moyennes des mesures faites avant et après les comparaisons internationales; les valeurs de la force électromotrice données par le Laboratoire central d'Électricité résultent des mesures faites en novembre 1928, et les valeurs des résistances obtenues par le B. S. et le N. P. L. sont exprimées en fonction de l'ohm moyen de Washington.

TABLEAU II-A.

Éléments normaux Weston. Force électromotrice à 20°.

Lab. No.	L. E. T.	L. C. E.	C. C. P. M.	P. T. R.	N. P. L.	B. S.
113...	1,018296			1,018366	1,018279	1,018303
172...	1,018290			1,018359	1,018274	1,018295
243...	1,018292			1,018262	1,018274	1,018294
122-I.	1,018310		1,019366	1,018370	1,018308	1,018323
122-II	1,018303		1,018365	1,018370	1,018287	1,018311
129-I.	1,018342	1,018370	1,018414	1,018410	1,018329	1,018344
129-II	1,018333	1,018360	1,018411	1,018310	1,018326	1,018341

TABLEAU II-B.

Résistances en manganine de 1 ohm à 20°.

Lab. No.	L. E. T.	C. C. P. M.	P. T. R.	N. P. L.	B. S.
L-20412...	1,000023		1,000008	0,999982	1,000013
L-20636...	0,999999		0,999985	0,999954	0,999984
50.....	0,999920	0,999931	0,999926	0,999899	0,999929
55 ⁽¹⁾	1,000003	0,999971	0,999961	0,999933 ⁽²⁾	0,999963

Les différences dans les unités électriques entre deux laboratoires successifs, obtenues par les étalons électriques, sont données dans les tableaux III-A et III-B.

TABLEAU III-A.

Différences de la force électromotrice entre deux laboratoires, obtenues au moyen des éléments Weston.

Lab. No.	C. C. P. M.	P. T. R.	N. P. L.	B. S.	L. E. T.
	-P. T. R.	-N. P. L.	-B. S.	-L. E. T.	-P. T. R.
113.....	-	-87.10 ⁻⁶	+24.10 ⁻⁶	-7.10 ⁻⁶	+70.10 ⁻⁶
172.....	-	-85 »	+21 »	-5 »	+69 »
243.....	-	-88 »	+20 »	-2 »	+70 »
122-I.....	+4.10 ⁻⁶	-62 »	+15 »	-13 »	+60 »
122-II.....	+5 »	-83 »	+24 »	-8 »	+67 »
129-I.....	-4 »	-81 »	+15 »	-2 »	+68 »
129-II.....	-1 »	-84 »	+15 »	+2 »	+67 »
Diff. moy.	+1 »	-82 »	+19 »	-5 »	+67 »

(¹) Les extrémités ont été cassées, et une connexion temporaire a été faite au B. S.

(²) La valeur de l'étalon a été obtenue par une seule mesure.

TABLEAU III-B.

Différences des unités de résistance entre deux laboratoires, obtenues au moyen des bobines de résistance en manganine.

Lab. N°.	C. C. P. M. — P. T. R.	P. T. R. — N. P. L.	N. P. L. — B. S.	B. S. — L. E. T.	L. E. T. — P. T. R.
L-20412....	-	-26. 10 ⁻⁶	+31. 10 ⁻⁶	+10. 10 ⁻⁶	-15. 10 ⁻⁶
L-20636....	-	-31 »	+30 »	+ 15 »	+14 »
50.....	- 5. 10 ⁻⁶	-27 »	+30 »	- 9 » ⁽¹⁾	+ 6 » ⁽¹⁾
53.....	-10 »	-28 »	+30 »	+40 » ⁽¹⁾	-42 » ⁽¹⁾
Diff. moy.	- 8 »	-28 »	+30 »	+13 »	-15 »

En conformité avec le tableau III-A, les écarts de chacune des différences par rapport à la différence moyenne obtenue par les éléments Weston n'excèdent pas 1/100000, excepté la différence P. T. R. — N. P. L. sur l'élément n° 122₁. Il sera certifié que les éléments Weston n'ont pas été soumis à une cause temporaire de changements pendant le transport.

Les écarts de chaque différence par rapport à la différence moyenne obtenue par les bobines de résistance en manganine n'excède pas 3 millionièmes, excepté les différences B.S.—L.E.T. et L.E.T.—P.T.R., sur les n°s 50 et 53; par conséquent, on peut admettre les mêmes conclusions que ci-dessus.

TABLEAU IV-A.

Écart de l'unité de chaque laboratoire national par rapport à la moyenne, obtenu pour les éléments Weston.

Lab. N°.	L. E. T.	L. C. E.	C. C. P. M.	P. T. R.	L. N. P.	B. S.
113...	+15. 10 ⁻⁶			-54. 10 ⁻⁶	+32. 10 ⁻⁶	+ 8. 10 ⁻⁶
172...	+15 »			-55 »	+31 »	+10 »
243...	+14 »			-57 »	+32 »	+12 »
122-I.	+25 »		-31. 10 ⁻⁶	-35 »	+27 »	+12 »
122-II	+24 »		-38 »	-43 »	+40 »	+16 »
129-I.	+26 »	- 2. 10 ⁻⁶	-46 »	-42 »	+39 »	+24 »
129-II	+22 »	+ 5 »	-46 »	-45 »	+39 »	+24 »
Dév.	—	—	—	—	—	—
moy.	+20 »	+ 2 »	-40 »	-47 »	+34 »	+15 »

(1) Omis dans le calcul de la différence moyenne.

TABLEAU IV-B.

*Déviatiou de l'unité de chaque laboratoire national
par rapport à la moyenne,
obtenue par des bobines de résistance en manganine.*

Lab. N°	L. E. T.	C. C. P. M.	P. T. R.	N. P. L.	B. S.
L-20412....	-16.10 ⁻⁶	-	- 1.10 ⁻⁶	+25.10 ⁻⁶	- 6.10 ⁻⁶
L-20636....	-18 »	-	- 4 »	+27 »	- 3 »
50.....	+ 1 ⁽¹⁾ »	-10.10 ⁻⁶	- 5 »	+22 »	- 8 »
55.....	-37 ⁽¹⁾ »	- 5 »	+ 5 »	+33 »	+ 3 »
Dév. moy.	-18 »	- 8 »	- 1 »	+27 »	- 4 »

Les bobines n° 50 et 55 ont été considérablement affectées dans leurs valeurs par des chocs mécaniques, aussi bien que par la perte d'huile de vaseline pendant le transport de Washington à Tokyo.

Les différences entre les unités de chaque laboratoire national et la moyenne de toutes les unités des laboratoires sont données dans les tableaux IV-A et IV-B.

Les tableaux ci-dessus donnent une synthèse de l'état présent des unités électriques conservées dans chacun des laboratoires. La figure 2 rendra cette corrélation plus claire.

En considérant l'unité de force électromotrice, bien que les résultats présents montrent un certain perfectionnement dans la corrélation entre les divers laboratoires nationaux, en les comparant avec les résultats précédents, la déviation maxima par rapport à la moyenne de l'unité de chaque laboratoire national est d'à peu près 4/100000, et ne peut pas atteindre encore une concordance suffisante. Les unités de force électromotrice conservées au N. P. L., au B. S., au L. C. E. et au L. E. T. concordent suffisamment les unes avec les autres, tandis que celles conservées au P. T. R. et à la C. C. P. M. sont aussi en bonne concordance ; mais il y a une différence bien appréciable entre le premier groupe et le dernier.

En ce qui concerne l'unité de résistance, la déviation maxima pour chaque laboratoire est d'environ 20 microhms. Ce résultat montre de moindres écarts que ceux trouvés pour l'unité de force

(1) Omis dans le calcul de l'écart moyen.

électromotrice. Les unités conservées au B.S., à la C.C.P.M., et au L.E.T. sont bien concordantes, tandis que l'unité du

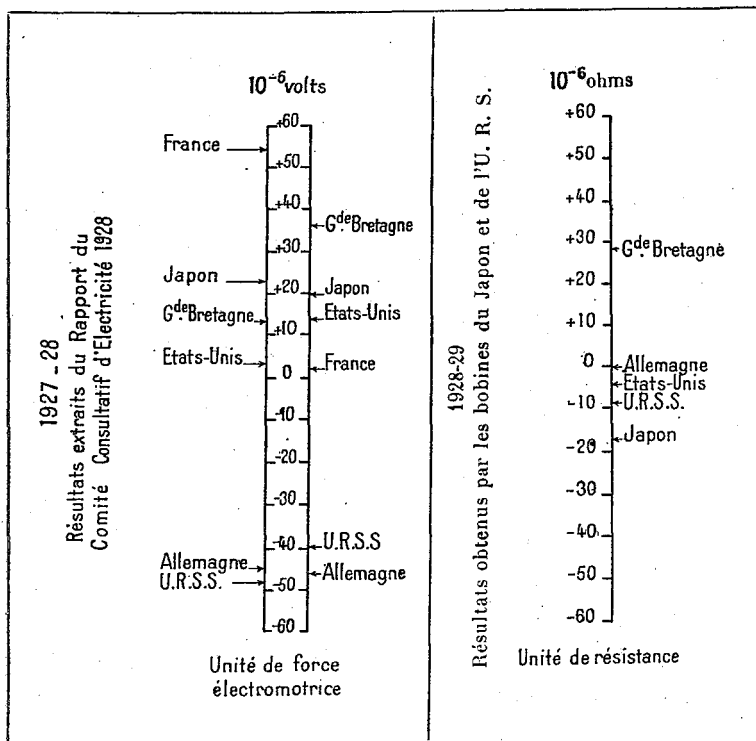


Fig. 2. — Valeurs relatives des éléments Weston et des bobines de résistance conservés dans divers pays.

N.P.L. seule s'écarte de ce groupe. Cependant, il faut noter que les unités du N.P.L. et du B.S. sont établies en fonction de l'ohm moyen de Washington.

IV. — FAITS A PRENDRE EN CONSIDÉRATION DANS LES FUTURES COMPARAISONS INTERNATIONALES.

1. *La méthode de conservation des unités électriques.* — Nous désirons faire quelques remarques sur les unités électriques conservées dans chacun des laboratoires nationaux.

Les unités de résistance qui ont été employées pour ces comparaisons dans chacun des laboratoires nationaux étaient les suivantes :

N. P. L.	Ohm moyen de Washington de 1910.	
B. S.	»	1910.
P. T. R.	Ohm à mercure réalisé en 1925.	
C. C. P. M.	»	1928.
L. E. T.	»	1921.

La P.T.R., la C.C.P.M. et le L.E.T. conservent leurs unités en fonction de la valeur moyenne d'un groupe de bobines de résistance en manganine comparées avec l'ohm à mercure réalisé récemment; tandis que le N.P.L. et le B.S. conservent leurs unités avec l'ohm moyen d'un groupe de bobines de résistance en manganine, qui doivent représenter l'ohm moyen de Washington d'il y a vingt ans.

Il existe deux procédés pour conserver les unités de résistance, comme il est décrit ci-dessus, et nous avons quelque doute sur la dernière méthode pour un intervalle aussi long qu'une vingtaine d'années. Même si la différence entre les étalons de résistance était toujours petite, on ne pourrait pas conclure que la valeur moyenne du groupe de bobines de résistance reste constante. En accord avec les mesures de l'étalon à mercure faites à la P.T.R. en 1925, l'ohm moyen donné par un groupe d'étalons de résistance, qui a été considéré comme constant depuis 1893, s'est modifié de $3/100000$. Le N.P.L. a réalisé deux fois l'ohm à mercure, en 1912 et en 1924, et ces expériences ont montré que l'ohm moyen de Washington diffère de l'ohm à mercure de 16.10^{-6} et de 41.10^{-6} respectivement.

Conformément à ce qui est relaté ci-dessus, on peut affirmer que la dernière méthode pour conserver les unités ne peut pas avoir beaucoup de valeur, à moins que la permanence des résistances en manganine soit vérifiée par d'autres procédés. La première méthode semble donc plus sûre que la dernière.

Il y a aussi deux méthodes pour vérifier l'unité de force électromotrice; la première consiste à conserver un groupe d'éléments Weston qui est considéré comme égal à 1,0183 volt à 20°, tandis que l'autre utilise la valeur moyenne d'un même groupe, en la vérifiant par des comparaisons avec le voltamètre à argent et l'ohm international. Tous les laboratoires nationaux, excepté la

P.T.R., ont adopté la première méthode, tandis que celle-ci a conservé la valeur moyenne d'un groupe d'éléments Weston comme donnant 1,01831 volt, valeur obtenue avec le voltamètre à argent en 1925, en employant l'unité de résistance antérieure à 1925.

Au L.E.T., la première méthode a été utilisée jusqu'en 1923; mais, après cette date, ce laboratoire a été obligé de changer, en prenant la dernière méthode, à cause du tremblement de terre.

2. Notes sur les étalons électriques pour les comparaisons internationales. — Conformément aux résultats de la comparaison internationale, la résistance en manganine est affectée dans sa valeur par des chocs mécaniques et des changements de la température ambiante. Pour un type de résistance tel que l'enveloppe n'est pas remplie avec de l'huile, le second effet peut être prépondérant. Le type B.S., qui est une résistance enfermée, sera recommandé pour les comparaisons internationales, mais les conducteurs terminaux doivent être d'une construction simple, afin d'éviter toutes les erreurs possibles dans la mise en circuit.

Les éléments Weston, bien qu'ils aient donné des résultats satisfaisants dans la présente comparaison internationale, devraient être perfectionnés dans la construction, afin d'être plus résistants à des chocs durant le transport.

3. Notes sur les mesures pour les comparaisons internationales. — Les étalons électriques, qui doivent être transportés à de grandes distances pour les comparaisons internationales, sont sujets aux chocs mécaniques aussi bien qu'aux changements de température; par conséquent, ils ne devraient pas être mesurés avant que l'on puisse affirmer qu'ils ont été restaurés.

La température à laquelle les comparaisons internationales sont faites, devrait être fixée par exemple à 20°; ainsi, on éliminerait toute incertitude possible due au coefficient de température.

Il serait désirable que le mode de description des résultats des comparaisons internationales fût unifié. Dans ce but, la différence entre les unités de chaque laboratoire national, qui peut être obtenue par des étalons électriques, devrait être indiquée.

4. Notes sur le transport. — Il est évident que les étalons électriques devront être transportés par une personne intéressée aux comparaisons internationales, plutôt que par tout autre moyen

En pareil cas, des accidents inattendus peuvent se produire à la douane; ainsi la résolution du Comité consultatif d'Électricité, réuni en 1928, devrait être réalisée sur ce point, le plus tôt possible.

V. *Conclusions.* — Résumant ce que nous avons décrit dans cette note, on peut poser les conclusions suivantes :

1. D'après les comparaisons internationales qui ont été faites entre les étalons de L.E.T. — P.T.R. — C.C.P.M. — L.C.E. — N.P.L. — B.S. — L.E.T. avec les étalons japonais et ceux de l'U.R.S.S. pendant les années 1928 et 1929, les unités électriques de chaque laboratoire national ne concordent pas encore d'une façon satisfaisante.

2. Il serait désirable que la méthode de conservation des unités électriques dans chaque laboratoire national fût unifiée.

Il est désirable que l'on adopte les spécifications complètes sur le voltamètre à argent et sur l'élément Weston.

La formule pour le coefficient de température du présent élément Weston normal avec l'amalgame à 10 pour 100 de cadmium, qui diffère un peu de celle qui a été adoptée par la conférence de Londres, devrait être complétée.

3. Dans les comparaisons futures, beaucoup d'attention devrait être donnée aux étalons électriques, autant qu'à la méthode de mesure.

Il serait désirable que le Comité consultatif d'Électricité décidât qu'un mémorandum fût écrit, contenant les notes importantes relatives aux comparaisons internationales.

4. Le Comité international des Poids et Mesures devrait poursuivre la réalisation des résolutions concernant le transport des étalons électriques pour les comparaisons internationales.



COMPARAISONS INTERNATIONALES D'UNITÉS ÉLECTRIQUES

EFFECTUÉES PAR

LE LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ;

Par M. PAUL JANET,

Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

A. — ETALONS DE RÉSISTANCE.

Deux étalons de l'ohm international ont été emportés à Berlin, en novembre 1929, par M. Jouaust, sous-directeur du Laboratoire, pour être étudiés à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Ces étalons construits en 1911 par Otto Wolff étaient du type préconisé par M. Rosa (résistance enfermée dans une enveloppe scellée remplie de pétrole desséché).

Les résultats de ces comparaisons ont été les suivants :

Numéro de l'ohm	4701.	4702.
P. T. R.	1,000 115	1,000 141
L. C. E.	1,000 064	1,000 086
P. T. R.-L. C. E.	0,000 051	0,000 055

Les valeurs figurant en regard de L. C. E. sont les moyennes des mesures effectuées avant et après le transport des étalons; elles sont exprimées en fonction de l'ohm dit *de Washington*.

Les valeurs de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt sont déduites des travaux les plus récents de cet établissement.

B. — ETALONS D'INDUCTANCE.

En mars 1929 un étalon d'inductance mutuelle a été envoyé, par l'entremise de l'Ambassade de France, au National Physical Laboratory.

Les résultats des mesures effectuées dans cet établissement ont été les suivants :

Inductance mutuelle à 14° à 100 périodes par seconde,

61,34 millihenrys international.

La valeur admise dans les mêmes conditions par le Laboratoire central d'Électricité était

61,3 millihenrys international.

L'inductance d'une des bobines constituant l'inductance mutuelle dont il vient d'être parlé a été également mesurée au National Physical Laboratory, qui a trouvé la valeur de

0,24605 henry international

à 1000 périodes par seconde et à 12° .

La valeur attribuée à cette inductance par le Laboratoire central d'Électricité était, dans les mêmes conditions,

0,24600 henry international.

COMPARAISONS

DES

ÉTALONS ÉLECTRIQUES DE L'U. R. S. S.

AVEC

CEUX DE L'ALLEMAGNE, DE LA GRANDE-BRETAGNE,
DES ÉTATS-UNIS ET DU JAPON,

FAITES EN 1929 ET EN 1930;

Par MM. M.-F. MALIKOV et A.-C. KOLOSSOV.

En 1929-30 a été réalisée la cinquième série, la plus complète, des comparaisons internationales des étalons électriques de la Chambre centrale des Poids et Mesures. Ces comparaisons ont été effectuées non seulement avec des éléments normaux Weston, comme c'était le cas pour les comparaisons précédentes, mais aussi avec des bobines de résistance; en outre ces comparaisons ont été complétées par les étalons du Japon, qui n'ont pas été soumis jusqu'à présent à des comparaisons directes avec les étalons de la Chambre centrale.

La réalisation de la dernière série de comparaisons est due surtout à l'amabilité de M. S. Jimbo, représentant le Laboratoire Électrotechnique du Japon au Comité consultatif d'Électricité, qui a pris la peine de comparer les étalons de la Chambre centrale à ceux des laboratoires nationaux d'Angleterre, des États-Unis et du Japon, ainsi qu'à l'obligeance de M. A.-A. Smourov, qui les a portés à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, à Berlin, et à celle de M. G. N. Flaxermann, qui les a rapportés du Japon dans l'U. R. S. S. (1).

(1) Le transport à la main des étalons demande des soins minutieux (nécessité d'avoir toujours sous la main les colis avec les étalons,

Le 1^{er} juin 1929, M. A.-A. Smourov a pris avec lui quatre éléments normaux n^{os} 129-I (366), 129-II (374), 122-I (447), 122-II (450), et deux bobines de manganine de 1 ohm : n^{os} 50 et 53, qui ont été remis par lui à M. von Steinwehr, à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, où ils furent comparés, au mois de juin 1929 (1), avec les étalons de la P. T. R. Le 27 juin, ils furent remis à M. Jimbo pour être comparés au National Physical Laboratory, au Bureau of Standards et au Laboratoire électrotechnique. Les comparaisons eurent lieu au National Physical Laboratory en août (2), au Bureau of Standards en septembre (3), au Laboratoire électrotechnique en novembre 1929 (4).

En même temps que les étalons de la Chambre centrale, les étalons du Laboratoire électrotechnique furent comparés, apportés du Japon par M. Jimbo. Les étalons de la Chambre centrale furent emportés du Laboratoire électrotechnique par M. Flaxermann, et remis à la Chambre centrale le 31 janvier 1930. Ainsi, les étalons de la Chambre centrale firent le tour du monde, ayant parcouru près de 30000 km, au cours de huit mois.

Les éléments normaux n^{os} 129-I (366) et 129-II (374) furent préparés par A.-C. Kolossov le 31 octobre 1928, d'après la spécification adoptée par le laboratoire des étalons électriques de la Chambre centrale (5). Dans la construction de l'enveloppe de ces éléments, on a apporté un perfectionnement, qui consiste en un étranglement spécial au bas de la branche cathodique, pour le mercure remplissant toute la partie inférieure de l'enveloppe séparée par cet étranglement, et qui réduit l'effet mécanique du mercure à la pâte, au cas où l'élément serait secoué ou renversé. Ce détail

souci de leur position convenable dans le wagon ou sur le bateau, examen des appareils, exigé par le service des douanes, etc.); c'est pourquoi la Chambre centrale se fait un devoir particulier d'exprimer sa profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont pris la peine de faire parvenir à destination ces étalons de haute précision.

(1) Lettres de M. von Steinwehr, du 26 juin et du 23 juillet 1929.

(2) Lettre de Sir J. E. Petavel, directeur du National Physical Laboratory, du 7 septembre 1929.

(3) Lettre de M. S. Jimbo, du 2 octobre 1929.

(4) Lettre de M. K. Takatsu, directeur du Laboratoire électrotechnique, du 3 décembre 1929.

(5) A.-C. Kolossov, *Spécifications pour l'exécution des éléments normaux Weston (Les étalons électriques et les étalons de lumière de l'U. R. R. S., publication n° 60, 1929, p. 28-31)*.

est introduit dans la pratique courante de l'exécution d'éléments normaux à la Chambre centrale. Les éléments n^{os} 129-I (366) et 129-II (374) furent comparés en novembre 1928, au Laboratoire central d'Électricité ⁽¹⁾.

Les éléments normaux n^{os} 122-I (447) et 122-II (450) appartiennent au groupe des 17 éléments préparés par A.-C. Kolossov le 11 mars 1929, d'après la spécification modifiée dans le sens suivant : *a*) on introduit du mercure métallique dans la chambre de réaction, en préparant SO^+Hg^2 par précipitation chimique d'une solution de SO^+H^2 ; *b*) comme électrolyte, on a employé une solution saturée de CdSO_4 contenant 0,004N de SO^+H^2 libre.

Les éléments normaux préparés d'après cette spécification modifiée ont aussi une force électromotrice suffisamment stable, mais un peu inférieure à celle des éléments préparés d'après la spécification originale. Trois groupes d'éléments préparés à diverses époques, au nombre total de 57, ont donné une force électromotrice moyenne de 1,018378 volt international à 20°, les écarts de cette valeur moyenne entre des groupes séparés étant de ± 4 microvolts.

Les quatre éléments normaux furent comparés avec l'étalon du volt international de la Chambre centrale avant leur départ, le 29 mai 1929, et après leur retour, le 4 février 1930; les résultats sont donnés dans le tableau I.

TABLEAU I.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	Avant	Après	Moyenne.	Différence (1930-1929).
	le départ, 29 mai 1929.	le retour, 4 fév. 1930.		
N ^o 129-I (366).....	1,018414	1,018410	1,018412	— 4.10 ⁻⁶
N ^o 129-II (374).....	1,018411	1,018409	1,018410	— 2 »
N ^o 122-I (447).....	1,018366	1,018381	1,018374	+15 »
N ^o 122-II (450).....	1,018365	1,018374	1,018370	+ 9 »
Moyennes.....	1,018389	1,018394	1,018392	+ 5.10 ⁻⁶

⁽¹⁾ M. F. MALIKOV, *Résultats des comparaisons d'éléments normaux faites à la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. R. S. et au Laboratoire central d'Électricité en 1928* [Wremennik, livraison 3 (15), 1929, p. 135-136].

TABLEAU II.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	5 sept. 1928.	12 déc. 1928.	12 janv. 1929.	28 fév. 1929.	18 avril 1929.	29 mai 1929.	4 fév. 1930.	28 fév. 1930.
N° 129-I (366).....	1,018415	1,018411	1,018411	1,018413	1,018411	1,018414	1,018410	1,018413
N° 129-II (374).....	1,018411	1,018409	1,018410	1,018412	1,018408	1,018411	1,018409	1,018411
Moyennes.....	1,018413	1,018410	1,018410	1,018412	1,018410	1,018412	1,018410	1,018412

TABLEAU III.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	28 mars 1929.	29 avril 1929.	29 mai 1929.	6 juin 1929.	12 déc. 1929.	4 fév. 1930.	20 fév. 1930.	23 fév. 1930.
N° 122-I (447).....	1,018378	1,018366	1,018366			1,018381	1,018378	
N° 122-II (450).....	1,018379	1,018363	1,018365			1,018374	1,018380	
Moyennes.....	1,018378	1,018364	1,018366			1,018378	1,018379	
Moyennes pour les 15 éléments-témoins.	1,018375	1,018371		1,018369	1,018376			1,018379

TABLEAU IV.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	Chambre centrale			National Physical			Laboratoire électro-technique		
	Moyenne 29 mai 1929 et 4 fév. 1929.	Phys.-Téch. Reichsanstalt 6-24 juin 1929.	Différence Ch. C. — P. T. R.	Laboratory 20-22 août 1929.	Différence Ch. C. — N. P. L.	Bureau of Standards sept. 1929.	Différence Ch. C.— B. S.	26-29 nov. 1929.	Différence Ch. C.— L. E.
N° 129-I (366).....	1,018412	1,01841	-3.10 ⁻⁶	1,018329	+83.10 ⁻⁶	1,018344	+68.10 ⁻⁶	1,018342	+70.10 ⁻⁶
N° 129-II (374).....	1,018410	1,01841	0	1,018326	+84 »	1,018341	+69 »	1,018343	+67 »
N° 122-I (447).....	1,018374	1,01837	+4 »	1,018308	+66 »	1,018323	+51 »	1,018310	+64 »
N° 122-II (450).....	1,018370	1,01837	0	1,018287	+83 »	1,018311	+59 »	1,018303	+67 »
Moyenne.....	1,018392	1,018390	0.10 ⁻⁶	1,018313	+79.10 ⁻⁶	1,018330	+62.10 ⁻⁶	1,018325	+67.10 ⁻⁶

Comme l'indique le tableau I, les deux premiers éléments, nos 129-I (366) et 129-II (374), n'ont pas changé pratiquement de valeur. Ces éléments, en général, montrent une stabilité remarquable dans leur force électromotrice; la valeur de celle-ci, pour une période de seize mois, est donnée dans le tableau II. Les variations des observations séparées ne dépassent pas les limites des erreurs possibles de la mesure.

Quant aux éléments nos 122-I (447) et 122-II (450), ils ont montré une augmentation de force électromotrice de 10 microvolts environ. On peut attribuer cette augmentation entièrement à la variation de la force électromotrice des éléments mêmes, indépendamment de leur transport, car les quinze éléments-témoins appartenant au même groupe de préparation et conservés à la Chambre centrale dans les conditions normales avaient aussi manifesté une augmentation de force électromotrice du même ordre : 10 microvolts. Le tableau III met en parallèle les valeurs des éléments nos 122-I (447) et 122-II (450) et la moyenne du groupe de quinze éléments-témoins.

La variation moyenne générale de la force électromotrice pour les quatre éléments étant au total de +5 microvolts, on peut prendre, comme force électromotrice des éléments, pendant leur absence de la Chambre centrale, la moyenne de leurs valeurs avant le départ et après le retour, portée dans la quatrième colonne du tableau I. Toutes les comparaisons des éléments normaux ont été effectuées par les soins de M. A.-C. Kolossov et M^{lle} C.-S. Tchouraéva.

Les résultats des comparaisons des éléments normaux dans les divers laboratoires nationaux sont mis en évidence dans le tableau IV. On y trouve aussi les différences entre les valeurs des éléments à la Chambre centrale et celles obtenues dans les laboratoires correspondants étrangers.

Il résulte de ce tableau que le volt de la Chambre centrale est inférieur au volt international de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt de 2 microvolts, du National Physical Laboratory de 79 microvolts, du Bureau of Standards de 62 microvolts, et du Laboratoire électrotechnique de 67 microvolts.

* * *

Les deux bobines de résistance de manganine nos 50 et 55 furent exécutées en mai 1928 dans les ateliers de la Chambre

centrale des Poids et Mesures. Elles sont recouvertes d'huile pure, séchée dans le vide à une température comprise entre 105° et 108°.

Le changement de résistance des bobines en fonction du changement de la température, étudié entre 17° et 30°, est exprimé par les formules paraboliques suivantes :

Pour n° 50,

$$R_t = R_{20} + [18,3(t - 20) - 0,53(t - 20)^2] \cdot 10^{-6};$$

Pour n° 55;

$$R_t = R_{20} + [17,9(t - 20) - 0,64(t - 20)^2] \cdot 10^{-6}.$$

Leur comparaison avec l'étalon de l'ohm international de la Chambre centrale, avant leur départ et après leur retour, a conduit aux résultats représentés dans le tableau V. Les comparaisons furent effectuées par les soins de M. M.-F. Malikov et M^{lle} E.-K. Wesso-Ado.

TABLEAU V.

Résistance à 20° en ohms internationaux.

Bobines.	Avant le départ, 26 avril 1929.	Après le retour, 4 février 1930.	(1930-1929).
N° 50.....	0,999931	0,999929	— 2.10 ⁻⁶
N° 55.....	0,999971	1,000040	+69.10 ⁻⁶

L'examen du tableau V montre que la valeur de la bobine n° 50 s'est modifiée d'une quantité tout à fait insignifiante, égale à 2 microhms; quant à la bobine n° 55, elle a subi, malheureusement, la rupture d'une des bornes, au moment des comparaisons faites au National Physical Laboratory. Au Bureau of Standards, la bobine n° 55 fut débarrassée de l'huile et munie d'une borne provisoire. La bobine fut retournée à la Chambre centrale, cassée et sans huile. Grâce à la borne provisoire, les comparaisons de la bobine n° 55 furent effectuées dans tous les laboratoires.

La figure 3 représente la différence entre les résistances des bobines n° 50 et 55, observées dans les divers laboratoires; on peut voir que la résistance de la bobine n° 55 est restée constante, à quelques microhms près, jusqu'à sa comparaison au Bureau of Standards; puis, dans les comparaisons ultérieures, on peut

observer la variation considérable de sa résistance, due probablement à l'enlèvement de l'huile. Les résultats fournis par cette bobine, étant peu sûrs, n'ont pas été pris en considération.

Les résultats des comparaisons de la bobine n° 50 dans les divers laboratoires nationaux sont portés au Tableau VI. La première et la dernière colonne de la première ligne contiennent

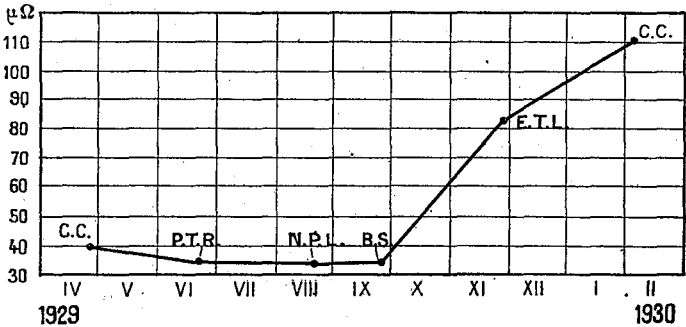


Fig. 3. — Résistance des bobines n° 50 et n° 55, en fonction du temps, obtenue dans les divers laboratoires nationaux.

les résistances de la bobine obtenues à la Chambre centrale par les comparaisons directes avec l'étalon; dans les autres colonnes, on a porté, en *italiques*, les valeurs obtenues par interpolation linéaire, et correspondantes aux époques de ses comparaisons dans les divers laboratoires nationaux; la seconde ligne indique les valeurs de la bobine observée dans ces laboratoires; la dernière ligne contient les différences entre les nombres de la première et de la seconde ligne. Ces différences montrent que l'ohm international de la Chambre centrale est *inférieur* à l'ohm international des autres laboratoires.

TABLEAU VI.

Résistance de la bobine n° 50 à 20° en ohms internationaux.

Ch. C. 26 avril 1929.	P. T. R. 14 et 24 juin 1929.	N. P. L. 20-22 août 1929.	B. S. sept. 1929.	L. E. 26-28 nov. 1929.	Ch. C. 2-3 févr. 1930.
0,999929	<i>0,999931</i>	<i>0,999930</i>	<i>0,999930</i>	<i>0,999929</i>	0,999929
-	<i>0,999926</i>	<i>0,999899</i>	<i>0,999929</i>	<i>0,999920</i>	-
Diff...	+5.10 ⁻⁶	+31.10 ⁻⁶	+1.10 ⁻⁶	+9.10 ⁻⁶	

Dans le tableau VII, on a donné, en microhms, les différences existant entre les étalons de l'ohm international de divers laboratoires nationaux, déduits des données du tableau VI.

TABLEAU VII.

L'ohm international de la Chambre centrale est inférieur (—) à l'ohm international de :

B. S. (E. U. A.).	P. T. R. (Allemagne).	L. E. (Japon).	N. P. L. (Grande-Bretagne).
—1	—5	—9	—31

On voit ici que les écarts entre les unités de résistance pour les quatre laboratoires (Chambre centrale, Bureau of Standards, Physikalisch-Technische Reichsanstalt et Laboratoire électrotechnique) n'excèdent pas 10^{-5} ohm, c'est-à-dire les limites de la précision avec laquelle on peut reproduire l'ohm international à l'aide des étalons mercuriels; l'unité du National Physical Laboratory diffère sensiblement des unités des autres laboratoires. Les unités adoptées pour ces comparaisons dans les divers laboratoires sont les suivantes.

A la Chambre centrale, à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt et au Laboratoire électrotechnique, on a employé l'ohm international représenté par les étalons mercuriels; au National Physical Laboratory et au Bureau of Standards, l'unité moyenne de Washington (1910).



RÉSULTATS DES COMPARAISONS D'ÉLÉMENTS NORMAUX,

FAITES EN 1928,

A LA CHAMBRE CENTRALE DES POIDS ET MESURES DE L'U. R. S. S.
ET AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ;

Par M. M.-F. MALIKOV.

Les comparaisons d'éléments appartenant à divers laboratoires, faites en 1926 et 1927 par les soins de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S., en ce qui concerne les mesures exécutées au Laboratoire central d'Électricité, n'étant pas aussi complètes que celles effectuées dans les autres laboratoires, il était très désirable de faire de nouvelles comparaisons.

Le 8 novembre 1928, partant pour Paris, j'ai pris avec moi, pour les transporter à la main, les deux éléments Weston n^{os} 129-I (366) et 129-II (374), préparés en octobre 1928 d'après la spécification publiée par la Chambre centrale (1). Ces éléments sont parvenus au Laboratoire central d'Électricité, où ils ont été comparés, entre le 26 et le 28 novembre, par M. R. Jouaust avec les éléments fondamentaux de ce laboratoire. Le 10 décembre, je les rapportai à la Chambre centrale.

Leur comparaison avec l'étalon du volt international de la Chambre centrale, avant leur départ et après leur retour, a donné les résultats suivants :

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Eléments.	Avant le départ, 5 nov. 1928.	Après le retour, 15 déc. 1928.	Moyenne.	Différence.
N ^o 129-I (366)...	1,018415	1,018411	1,018413	— 4.10 ⁻⁶
N ^o 129-II (374)...	1,018411	1,018409	1,018412	— 2 »
Moyennes.....	1,018413	1,018410	1,018412	— 3.10 ⁻⁶

(1) A.-C. KOLOSSOV, *Spécifications pour l'exécution des éléments normaux Weston (Les étalons électriques et les étalons de lumière de l'U. R. S. S., publication n^o 60, 1929, p. 28-31).*

Les variations dont la valeur est portée dans la dernière colonne sont tout à fait négligeables, c'est-à-dire que les éléments n'ont pas changé pratiquement pendant le transport.

Les comparaisons ultérieures des éléments, faites le 12 janvier et le 28 février 1929, ont montré une stabilité parfaite, comme on le voit ci-après.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	15 décembre 1928.	12 janvier 1929.	28 février 1929.
N° 129-I (366)	1,018411	1,018411	1,018413
N° 129-II (374)	1,018409	1,018410	1,018412

Les résultats des comparaisons faites au Laboratoire central d'Électricité et à la Chambre centrale des Poids et Mesures, mis en parallèle, sont les suivants :

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	Laboratoire central.	Chambre centrale.	Différence Ch. C. — L. C.
N° 129-I (366)	1,01837	1,018413	+43. 10 ⁻⁶
N° 129-II (374)	1,01836	1,018410	+50 »
Moyennes	1,018365	1,018412	+47 »

On attribue ici, aux éléments du Laboratoire central d'Électricité, la valeur 1,01835 à 20°. On voit que le volt international de la Chambre centrale est de 47. 10⁻⁶ inférieur à celui du Laboratoire central d'Électricité.

Les résultats des comparaisons faites en 1926 ont donné la relation suivante :

(Volt international de la Chambre centrale)

$$- (\text{Volt international du Laboratoire central}) = - 52. 10^{-6},$$

en attribuant aux éléments du Laboratoire central la même valeur 1,01835 à 20°.

La différence de + 5 microvolts entre les comparaisons de 1928 et 1929 étant dans les limites des erreurs d'observation, on peut conclure que la concordance est excellente.

COMPARAISONS D'ÉLÉMENTS NORMAUX

FAITES EN 1929

A LA CHAMBRE CENTRALE DES POIDS ET MESURES DE L'U. R. S. S.
ET AU BUREAU OF STANDARDS;

Par MM. M.-F. MALIKOV et A.-C. KOLOSSOV.

La première comparaison d'éléments normaux appartenant à la Chambre centrale, avec l'étalon du volt international du Bureau of Standards, eut lieu en 1926, aboutissant à la conclusion que le volt international de la Chambre centrale est de 56 microvolts inférieur à celui du Bureau of Standards ⁽¹⁾.

En 1929, l'occasion se présenta de faire la deuxième comparaison d'éléments normaux; on profita du voyage en Amérique du professeur M.-A. Châtelain, qui, comme la première fois, s'offrit aimablement à porter à la main les éléments au Bureau of Standards, et à les rapporter à la Chambre centrale, en observant en route toutes les précautions nécessaires pour leur parfaite conservation.

Au mois de décembre 1928, M. Châtelain, partant pour les États-Unis, a pris avec lui quatre éléments normaux, n^{os} 109-I (354), 109-II (360), 117-I (359), 117-II (364), appartenant au groupe des éléments préparés le 27 octobre 1928, d'après la spécification adoptée par le laboratoire des étalons électriques de la Chambre centrale ⁽²⁾, avec cette différence qu'il fut ajouté à l'électrolyte 0,008 NH²SO⁴, et que les branches cathodiques des enveloppes de verre furent pourvues de deux étranglements ayant pour but d'empêcher le déplacement du mercure à l'intérieur de l'élément pendant le transport. Ces éléments furent remis au

(1) *Wremennik* de la Chambre centrale, livraison 3 (15), 1929, p. 123-134.

(2) *Les étalons électriques et les étalons de lumière de l'U. R. S. S.*, publication n^o 60, 1929, p. 28-31.

mois de février 1929 au Bureau of Standards, où ils furent comparés, entre le 9 février et le 1^{er} mars 1929, avec les éléments du Bureau. Outre les quatre éléments mentionnés, en forme d'H, il fut remis au Bureau of Standards un élément normal d'un nouveau modèle ⁽¹⁾ n° I (365), qui a été conservé par le Bureau of Standards.

Au mois d'avril 1929, les éléments furent rapportés par M. Châtelain à la Chambre centrale, où ils furent soumis aux comparaisons ultérieures.

Les comparaisons des éléments normaux avec l'étalon du volt international de la Chambre centrale des Poids et Mesures, immédiatement avant leur départ et après leur retour, donnèrent les résultats qui sont reproduits au tableau I.

TABLEAU I.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	Avant	Avant	Moyenne.	Différence.
	le départ, 20 nov.- 4 déc.1928.	le retour, 15-22 avril 1929.		
N° 109-I (354)...	1,018410	1,018404	1,018407	— 6.10 ⁻⁶
N° 109-II (360)...	1,018410	1,018403	1,018406	— 7 »
N° 117-I (359)...	1,018407	1,018395	1,018401	—12 »
N° 117-II (364)...	1,018409	1,018396	1,018402	—13 »
Moyennes.....	1,018409	1,018400	1,018404	— 9 »

On peut voir, d'après ce tableau, que la force électromotrice des éléments a diminué, en moyenne de 9 microvolts. Étant donnée la petitesse de ces variations, on peut prendre, pour la force électromotrice des éléments pendant leur absence de la Chambre centrale, la moyenne des valeurs avant le départ et après le retour, indiquée à la quatrième colonne du tableau I.

Le tableau II contient la série complète des observations faites à la Chambre centrale sur les quatre éléments, pendant plus d'une année. Ces observations démontrent que leur transport n'a provoqué aucune anomalie sensible dans la valeur de la force

⁽¹⁾ *Wremennik* de la Chambre centrale, livraison 3 (15), 1929, p. 137-141.

électromotrice des éléments. Il faut remarquer que, dans les huit mois postérieurs au retour, leur force électromotrice est presque revenue aux valeurs qu'ils possédaient avant leur départ.

TABLEAU II.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Date.	N° 109-I (354).	N° 109-II (360).	N° 117-I (359).	N° 117-II (364).	Moyennes.
2-9 nov. 1928	1,018401	1,018402	1,018408	1,018397	1,018402
13-19 nov. 1928 . . .	1,018407	1,018407	1,018408	1,018409	1,018408
20 nov.-4 déc. 1928.	1,018410	1,018410	1,018407	1,018409	1,018409
15-22 avril 1929 . . .	1,018404	1,018403	1,018395	1,018396	1,018400
14-22 mai 1929	1,018404	1,018403	1,018394	1,018396	1,018399
28 juin 1929	1,018404	1,018402	1,018390	1,018392	1,018398
11 sept. 1929	1,018410	1,018407	1,018396	1,018399	1,018403
26 déc. 1929	1,018413	1,018407	1,018403	1,018407	1,018407
Différ. (déc. 1929- déc. 1828)	+3.10 ⁻⁶	-3.10 ⁻⁶	-4.10 ⁻⁶	-2.10 ⁻⁶	-2.10 ⁻⁶

On a fait les comparaisons, au Bureau of Standards, à trois températures : 28°, 25° et 20°. De ces comparaisons, la plus importante pour nous est celle qui a été effectuée à la température de 20°, puisque nos éléments étalons sont maintenus à cette température, à laquelle sont réduits les résultats de toutes les observations.

Le tableau III contient les résultats des comparaisons de quatre éléments, faites à 20°, au Bureau of Standards.

Les comparaisons exécutées à 25° et 28° présentent de l'intérêt du fait qu'elles permettent d'apprécier le coefficient thermique des éléments.

Dans le tableau IV, sont données les valeurs moyennes de la force électromotrice des éléments normaux, obtenues au Bureau of Standards, à la température de 25° et de 28°; dans la colonne suivante, ses valeurs pour les mêmes températures, calculées en partant des résultats des comparaisons faites à 20° d'après la formule adoptée pour les éléments normaux Weston par la Conférence internationale des Unités et Étalons électriques, tenue à Londres en 1908 :

$$E_t = E_{20} - 40,6 \cdot 10^{-6}(t - 20) - 0,95 \cdot 10^{-6}(t - 20)^2 + 10 \cdot 10^{-9}(t - 20)^3.$$

TABLEAU III.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Date.	N° 109-I. (354).	N° 109-II. (360).	N° 117-I. (359).	N° 117-II. (364).
21 fév. 1929 ..	1,018321	1,018324	1,018320	1,018323
22 » ..	1,018322	1,018222	1,018321	1,018322
23 » ..	1,018321	1,018323	1,018321	1,018321
24 » ..	1,018322	1,018324	1,018319	1,018320
25 » ..	1,018321	1,018323	1,018319	1,018321
26 » ..	1,018326	1,018327	1,018324	1,018325
27 » ..	1,018325	1,018326	1,018322	1,018325
28 » ..	1,018325	1,018327	1,018322	1,018323
1 ^{er} mars 1929.	1,018321	1,018324	1,018321	1,018323
Moyennes..	1,0183227	1,0183244	1,0183210	1,0183226

On voit, d'après le tableau IV, qu'avec l'élévation de la température, la force électromotrice s'abaissait moins que ne l'indique la formule adoptée, et, pour éviter les erreurs qui peuvent se produire dans la réduction à la température normale de 20°, il faut faire les observations à la température la plus voisine, autant que possible, de cette température, à moins que les coefficients thermiques soient étudiés très soigneusement.

TABLEAU IV.

Force électromotrice à 25° en volts internationaux.

Éléments.	Observée		
	15-19 fév. 1929.	Ramenée à 20°.	Diff. (obs.-calc.).
N° 109-I (354)	1,0181057	1,0180972	+ 8,5.10 ⁻⁶
N° 109-II (360)	1,0181057	1,0180989	+ 6,8 »
N° 117-I (359)	1,0181015	1,0180955	+ 6,0 »
N° 117-II (364)	1,0181018	1,0180971	+ 4,7 »
Moyennes.....	1,0181037	1,0180972	+ 6,5.10 ⁻⁶

Force électromotrice à 28° en volts internationaux.

Éléments.	Observée		Diff. (obs.-calc.).
	9-14 fév. 1929.	Ramenée à 20°.	
N° 109-I (354).....	1,0179544	1,0179422	+12,2.10 ⁻⁶
N° 109-II (360).....	1,0179555	1,0179439	+11,6 »
N° 117-I (359).....	1,0179524	1,0179405	+11,9 »
N° 117-II (364).....	1,0179528	1,0179421	+10,7 »
Moyennes.....	1,0179538	1,0179422	+11,6.10 ⁻⁶

En mettant en parallèle les résultats des comparaisons faites à la Chambre centrale (tableau I) et au Bureau of Standards (tableau III), nous pouvons dresser le tableau V, dont la dernière colonne contient les différences entre les valeurs de la force électromotrice des éléments, obtenue à la Chambre centrale et au Bureau of Standards. On peut voir, d'après ce tableau, que ces différences sont, en moyenne, de + 81 microvolts.

Outre les éléments susmentionnés, M. Châtelain a apporté quatre éléments nos 681, 682, 683 et 684, préparés au Bureau of Standards et offerts aimablement à la Chambre centrale. Ces éléments appartiennent au groupe d'éléments neutres (ne contenant pas d'acide sulfurique libre); ils ont été préparés le 11 octobre 1928, c'est-à-dire à peu près en même temps que les éléments de la Chambre centrale, qui participaient aux comparaisons.

TABLEAU V.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	Bureau of Standards.	Chambre centrale.	Différence Ch. c.-B. S.
N° 109-I (354).....	1,018323	1,018407	+84.10 ⁻⁶
N° 109-II (360).....	1,018324	1,018406	+82 »
N° 117-I (359).....	1,018321	1,018401	+80 »
N° 117-II (364).....	1,018323	1,018402	+79 »
Moyennes.....	1,018323	1,018404	+81.10 ⁻⁶

Avant l'envoi, les éléments normaux furent comparés au Bureau of Standards, à la température de 20°. Les résultats des comparaisons sont donnés dans le tableau VI.

TABLEAU VI.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Date.	N° 681.	N° 682.	N° 683.	N° 684.
28 février 1929..	1,018291	1,018291	1,018297	1,018295
1 mars 1929.....	1,018290	1,018290	1,018293	1,018295
2 »	1,018291	1,018290	1,018295	1,018294
5 »	1,018292	1,018291	1,018291	1,018294
6 »	1,018293	1,018292	1,018291	1,018295
7 »	1,018291	1,018290	1,018295	1,018294
Moyennes.....	1,0182913	1,0182907	1,0182937	1,0182945

Après leur arrivée à Léninegrad, ils furent comparés avec l'étalon de la Chambre centrale; les résultats sont donnés dans le tableau VII.

TABLEAU VII.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Date.	N° 681.	N° 682.	N° 683.	N° 684.
15 avril 1929....	1,018355	1,018355	1,018357	1,018359
18 »	1,018356	1,018357	1,018362	1,018360
19 »	1,018359	1,018358	1,018358	1,018359
20 »	1,018357	1,018354	1,018353	1,018354
22 »	1,018354	1,018353	1,018356	1,018356
30 »	1,018358	1,018359	1,018358	1,018357
Moyennes.....	1,0183565	1,0183560	1,0183573	1,0183575

Les observations ultérieures de ces éléments démontrent aussi l'absence d'anomalies quelconques dans la valeur de leur force électromotrice (tableau VIII).

TABLEAU VIII.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	45-30 avril	44-22 mai	28 juin	44 sept.	17 déc.
	1929.	1929.	1929.	1929.	1929.
N° 681....	1,018356	1,018358	1,018355	1,018356	1,018375
N° 682....	1,018356	1,018357	1,018354	1,018356	1,018374
N° 683....	1,018357	1,018363	1,013359	1,018364	1,018368
N° 684....	1,018358	1,018362	1,018369	1,018364	1,018361
Moy...	1,018357	1,018360	1,018357	1,018360	1,018370

Les résultats des comparaisons de ces éléments exécutées au Bureau of Standards (tableau VI) et à la Chambre centrale (tableau VII) sont mis en parallèle dans le tableau IX. On voit, d'après ce tableau, que la différence entre les valeurs de la force électromotrice obtenues à la Chambre centrale et au Bureau of Standards est égale, en moyenne, à + 64 microvolts. La comparaison des éléments de la Chambre centrale, comme il est mentionné plus haut, a donné la différence de + 81 microvolts.

TABLEAU IX.

Force électromotrice à 20° en volts internationaux.

Éléments.	Bureau of Standards.	Chambre centrale.	Différence Ch. c.-B. S.
N° 681.....	1,018291	1,018356	+65. 10 ⁻⁶
N° 682.....	1,018291	1,018356	+65 »
N° 683.....	1,018294	1,018357	+63 »
N° 634.....	<u>1,018294</u>	<u>1,018358</u>	<u>+64 »</u>
Moyennes.....	1,018293	1,018357	+64. 10 ⁻⁶

La différence pour les deux groupes d'éléments est, en moyenne, de + 72.10⁻⁶ volt, d'où l'on peut conclure que le volt international de la Chambre centrale est de 72 microvolts inférieur à celui du Bureau of Standards.

L'écart de 17 microvolts entre les résultats des comparaisons faites en même temps avec les éléments normaux préparés dans les divers laboratoires, et celui de 25 microvolts (si l'on prend en considération les comparaisons de 1926) entre les résultats des comparaisons faites à des époques différentes avec les éléments normaux préparés dans le même laboratoire, excèdent les limites des variations possibles de la force électromotrice des éléments normaux, et encore plus les limites de la précision des mesures des forces électromotrices. Ils indiquent l'existence de sources d'erreurs se produisant dans les comparaisons internationales; la plus grande partie de ces erreurs provient sans doute de la diversité des régimes de comparaison observés dans les divers laboratoires. Il est impossible, pour le moment, de découvrir les sources de ces erreurs, comme conséquence de l'insuffisance du matériel expérimental. Pour les découvrir, et pour éviter des erreurs dans les comparaisons ultérieures, il faudrait introduire plus de régularité dans les comparaisons internationales.



LES RÉSULTATS
DES
COMPARAISONS INTERNATIONALES
DES ÉTALONS ÉLECTRIQUES
DE LA CHAMBRE CENTRALE DES POIDS ET MESURES
FAITES DEPUIS 1926 JUSQU'EN 1930

Par MM. M.-A. CHATELAIN et M.-F. MALIKOV.

Le Comité consultatif d'Électricité, institué auprès du Comité international des Poids et Mesures (session de 1928), considérant la grande importance des comparaisons internationales des étalons électriques pour déterminer, de façon plus précise, les rapports existant entre les unités électriques des différents pays, a exprimé le vœu que ces comparaisons aient lieu dans un avenir rapproché, afin de favoriser l'uniformité des mesures électriques dans le monde entier, et de donner une base commune et précise pour les valeurs qui seront établies par le moyen des mesures absolues.

Les comparaisons internationales des étalons électriques ont été commencées déjà en 1926 par les soins de la Chambre centrale des Poids et Mesures, et pendant la présente année on a achevé la cinquième série, la plus complète. Les comparaisons ont été effectuées avec les éléments normaux Weston préparés au Laboratoire des Étalons électriques, et avec les bobines de résistance de manganine exécutées dans les ateliers de la Chambre centrale. En raison de la sensibilité très grande de ces appareils aux déplacements, leur transport a été exécuté presque exclusivement à la main, et seulement deux fois on les a expédiés par la valise diplomatique.

La première série de comparaisons a eu lieu en 1926; on a

exécuté les comparaisons de deux éléments au Bureau of Standards et au Laboratoire central d'Électricité ⁽¹⁾.

La seconde série a été effectuée en 1927; on a exécuté les comparaisons de six éléments à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt et de quatre éléments au National Physical Laboratory et à la Reichsanstalt. Un des éléments du premier groupe et deux du second ont subi une sérieuse détérioration pendant le voyage et ne sont pas pris en considération.

La troisième série a été effectuée en 1928; on a exécuté les comparaisons de deux éléments au Laboratoire central d'Électricité.

La quatrième série a été effectuée en 1929; on a exécuté les comparaisons de quatre éléments au Bureau of Standards.

La dernière série a été commencée en 1929 et achevée en 1930; on a exécuté les comparaisons de quatre éléments (dont deux ont pris part aux comparaisons de 1928), et de deux bobines de manganine de 1 ohm à la P. T. Reichsanstalt, au National Physical Laboratory, au Bureau of Standards et au Laboratoire électrotechnique du Japon. La réalisation de cette série de comparaisons est pour beaucoup redevable à M. S. Jimbo, représentant du Japon au Comité consultatif d'Électricité, qui prit la peine de comparer les étalons de la Chambre centrale aux laboratoires nationaux de l'Angleterre, des États-Unis et du Japon, en même temps que les étalons du Laboratoire électrotechnique apportés avec lui du Japon.

Ainsi, pour l'unité de la force électromotrice (le volt international), la Chambre centrale dispose de données directes concernant les six laboratoires nationaux, représentés au Comité consultatif d'Électricité, et pour l'unité de résistance (l'ohm international on ne possède que les données pour cinq laboratoires. Ces) données forment la base du tableau, reproduit plus loin, des rapports entre les unités électriques des différents pays.

Le volt international. — Le tableau I met en parallèle les données concernant toutes les comparaisons d'éléments normaux

⁽¹⁾ M.-F. MALIKOV et A.-C. KOLOSsov, *Résultats des comparaisons d'éléments appartenant à divers laboratoires, faites par les soins de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S.* (Comptes rendus des séances de la VII^e Conférence générale des Poids et Mesures, 1927, p. 122-126).

faits par divers laboratoires. Dans la première colonne, on a indiqué l'année des comparaisons; dans la seconde, le numéro des éléments; dans la troisième, les variations de la force électromotrice des éléments depuis leurs comparaisons à la Chambre centrale, avant leur départ, jusqu'à leurs comparaisons après leur retour. Dans les colonnes suivantes, on a donné les différences entre les valeurs des éléments à la Chambre centrale et celles dans les laboratoires étrangers. En tout, on a exécuté les comparaisons avec 17 éléments, dont deux éléments, les nos 129-I (366) et 129-II (374) prirent part à deux séries de comparaisons. Dans l'avant-dernière ligne du tableau I, on a donné les moyennes qui s'en déduisent en supposant que toutes les observations ont le même poids; on émet cette hypothèse en raison de l'insuffisance du matériel expérimental pour l'estimation critique des sources d'erreurs qui se produisent dans les comparaisons internationales. En petit texte, on a donné les écarts des observations séparées de la moyenne des différences entre les valeurs des éléments. Dans quelques cas ces écarts atteignent 17 microvolts, mais, en moyenne, leur valeur n'excède pas 10 microvolts. En général, ces écarts sont inférieurs aux variations de la force électromotrice d'éléments durant les comparaisons. Donc, les éléments qui manifestent les moindres variations de leur force électromotrice méritent le plus de confiance.

Parmi les éléments de la Chambre centrale qui avaient participé aux comparaisons internationales, les éléments nos 129-I (366) et 129-II (374) se distinguent par la stabilité particulière de leur force électromotrice, qui reste invariable depuis leur préparation jusqu'à présent, c'est-à-dire pendant dix-huit mois. Heureusement ces éléments ont été comparés dans les six laboratoires nationaux. En leur attribuant plus de confiance qu'aux autres éléments, nous avons les différences entre les valeurs des éléments indiquées dans la dernière ligne du tableau I. On peut voir ici que ces différences, pour quatre des laboratoires nationaux, coïncident pratiquement avec la moyenne générale portée dans l'avant-dernière ligne, et, seulement pour le National Physical Laboratory, la différence atteint 9 microvolts.

Les résultats obtenus sont représentés sous une autre forme dans le tableau II, où l'on a donné les écarts de la valeur moyenne pour le volt international de divers pays, définie par les éléments normaux de six laboratoires nationaux.

TABLEAU I.

Année des com- paraisons.	Numéros des éléments.	Variation de la f. é. m. durant la série des com- paraisons microvolts.	Différences entre les valeurs des éléments à la Chambre centrale et celles aux laboratoires étrangers; microvolts.								
			C. C. — P. T. R.	C. C. — L. C. E.	C. C. — L. E.	C. C. — B. S.	C. C. — N. P. L.				
1926....	111- I (92)	-14	—	+62	+12,8	—	+56	-12,4	—		
	114-II (90)	-15	—	+42	-7,2	—	+56	-12,4	—		
1927....	106-II(227)	+10	+13	+12,4	—	—	—	—	—		
	107- I(200)	+30	+ 1	+ 0,4	—	—	—	—	—		
	125- I(192)	+14	+ 8	+ 7,4	—	—	—	—	—		
	134- I(243)	+52	- 9	- 9,6	—	—	—	—	—		
	134-II(249)	+35	- 3	- 3,6	—	—	—	—	—		
	103- I(218)	+20	- 3	- 3,6	—	—	—	+68	- 6,2		
	103-II(221)	+22	- 6	- 6,4	—	—	—	+61	-13,2		
1928....	129- I(366)	- 4	—	—	+45	- 6,2	—	—	—		
	129-II(374)	- 2	—	—	+50	+ 0,8	—	—	—		
1929....	109- I(354)	- 6	—	—	—	—	+84	+15,6	—		
	109-II(360)	- 7	—	—	—	—	+82	+13,6	—		
	117- I(359)	-12	—	—	—	—	+80	+11,6	—		
	117-II(364)	-13	—	—	—	—	+79	+10,6	—		
1929-1930	129- I(366)	- 4	+ 2	+ 1,4	—	+70	+3,0	+68	- 0,4	+83	+ 8,5
	129-II(374)	- 2	0	- 0,6	—	+67	0	+69	+ 0,6	+84	+ 9,8
	122- I(447)	+15	+ 4	+ 3,4	—	+64	-3,0	+51	-17,4	+66	- 8,2
	122-II(450)	+ 9	0	- 0,6	—	+67	0	+59	- 9,4	+83	+ 8,
Moy.....	+ 6,7	+ 0,6	± 4,5	+49,2	± 6,8	+67,0	±1,5	+68,4	±10,4	+74,2	± 9 2
Moy. pour deux élém. n ^{os} 129-I(366) et 129-II(374).....	- 3,0	+ 1,0	± 1,0	+46,5	± 3,5	+68,5	±1,5	+68,5	± 0,5	+83,5	± 0,5

TABLEAU II.

Unités de la force électromotrice.	Δ en microvolts	
	d'après la moyenne générale (1926-1930).	d'après les données des éléments n° 129-I et 129-II.
Volt international de la Chambre centrale (U. R. S. S.).....	—43	—45
Volt international de la P. T. Reichs- anstalt (Allemagne).....	—43	—44
Volt international du Laboratoire cen- tral d'Électricité (France).....	+ 6	+ 2
Volt international du Laboratoire élec- trotechnique (Japon).....	+24	+24
Volt international du Bureau of Stan- dards (E. U. A.).....	+25	+24
Volt international du National Phy- sical Laboratory (Angleterre).....	+31	+39

Il résulte très clairement de ce tableau, que les valeurs du volt international de divers pays diffèrent sensiblement les unes des autres; en outre, on peut observer deux groupes avec des valeurs très voisines : l'U. R. S. S. et l'Allemagne formant le premier groupe; l'Angleterre, les États-Unis et le Japon, le second groupe; la France occupe une place intermédiaire. L'Angleterre a la plus grande unité et l'U. R. S. S., la plus petite.

L'expérience des comparaisons internationales, faites par la Chambre centrale des Poids et Mesures, conduit aux conclusions suivantes :

1° Les résultats obtenus doivent être envisagés comme une première approximation aux rapports précis existant entre les unités de la force électromotrice des différents pays, approximation suffisamment bonne, mais qui devra encore être précisée ultérieurement.

2° Il deviendra nécessaire, dans un avenir rapproché, d'organiser des comparaisons d'éléments normaux de divers laboratoires nationaux au Bureau international des Poids et Mesures, où les représentants des laboratoires nationaux doivent se réunir en apportant avec eux un nombre suffisant d'éléments pour les y comparer d'après la méthode générale choisie d'un commun

accord. Ils pourraient, le cas échéant, échanger aussi les éléments.

En même temps il est désirable que les représentants des laboratoires apportent avec eux des matériaux, préparés chez eux, avec les accessoires pour les éléments, et chargent puis examinent ensemble les nouveaux groupes ainsi préparés des éléments. Cela permettrait de parvenir à une spécification uniforme pour la préparation des éléments normaux.

3° Pour introduire plus de régularité dans les comparaisons internationales et leur assurer plus de précision, il faut établir des règles définies. L'expérience acquise permet d'en traiter quelques points, en particulier les propositions suivantes :

a. Les comparaisons doivent être exécutées avec un nombre élevé d'éléments normaux, appartenant aux groupes de diverses préparations. En même temps, il est nécessaire qu'il reste au laboratoire un nombre suffisant d'éléments-témoins appartenant aux mêmes groupes et maintenus dans les conditions normales.

b. Les comparaisons doivent être réciproques; en d'autres termes, les comparaisons des éléments d'un laboratoire quelconque exécutés dans les autres laboratoires doivent être accompagnées des comparaisons des éléments de ces derniers, poursuivies au premier laboratoire.

c. Les comparaisons doivent être exécutées autant que possible à la même température normale, c'est-à-dire à 20°. Le mieux sera que les comparaisons soient faites selon la même méthode. En tout cas il est nécessaire que la méthode et le régime des comparaisons exécutées dans les divers laboratoires soient connus en détail, afin que chaque laboratoire puisse les réaliser complètement.

L'ohm international. — Les comparaisons des bobines de résistance de la Chambre centrale n'ont été effectuées qu'avec deux bobines, nos 50 et 53, en 1929-1930. Malheureusement, une de ces bobines (n° 53) a subi la fracture d'une des bornes au moment des comparaisons au National Physical Laboratory; bien que cette bobine eût été réparée au Bureau of Standards et que ses comparaisons eussent été effectuées dans tous les laboratoires, les résultats qu'elle a fournis n'ont pas été pris en considération, à cause des grandes variations de sa résistance. Au contraire, la bobine n° 50 a manifesté des qualités excellentes : sa résistance depuis son départ jusqu'à son retour (durant 8 mois) a varié

de 2 microhms, de sorte qu'on peut penser que les résultats de ses comparaisons aux divers laboratoires sont très sûrs. Dans le tableau III on a donné (en microhms) les rapports existant entre les étalons de l'ohm international de divers laboratoires nationaux, obtenus d'après les résultats des comparaisons de la bobine n° 30.

TABLEAU III.

L'ohm international de la Chambre centrale (U. R. S. S.) est inférieur (—) à l'ohm international de :			
B. S. (E. U. A.).	P. T. R. (Allemagne).	L. E. (Japon).	N. P. L. (Angleterre).
—1	—5	—9	—31

Il résulte de ce tableau que pour les quatre laboratoires (Chambre centrale, Bureau of Standards, P. T. Reichsanstalt et Laboratoire électrotechnique) les différences entre les valeurs de l'ohm international n'excèdent pas la limite du dix-millionième d'ohm; c'est la limite de la précision avec laquelle on peut reproduire l'ohm international à l'aide des étalons mercuriels. La valeur de l'ohm international du National Physical Laboratory diffère sensiblement des valeurs des autres laboratoires. On voit ici de même que l'Angleterre a la plus grande unité et l'U. R. S. S. la plus petite.

On ne peut pas regarder les données relatives aux comparaisons des étalons de l'ohm international comme étant complètes : la comparaison des bobines de la Chambre centrale à celles du Laboratoire central d'Électricité n'est pas encore réalisée (1). En outre, ces données, étant seules, ont besoin du contrôle fourni par les comparaisons nouvelles.

Donc, les comparaisons de bobines de résistance de divers laboratoires nationaux au Bureau international des Poids et Mesures sont nécessaires comme les comparaisons d'éléments normaux.

(1) On s'est proposé de faire ces comparaisons pendant la session prochaine du Comité consultatif d'Électricité, en profitant du voyage à Paris des représentants de la Chambre centrale, qui prendront avec eux des bobines de résistance pour les comparer à l'étalon du Laboratoire central d'Électricité.

RAPPORT

SUR LA

PRÉPARATION ET L'EXAMEN DES ÉLÉMENTS ÉTALONS WESTON DESTINÉS AU BUREAU INTERNATIONAL;

Par M^{me} A. FOEHRINGER.

[M^{me} A. Foehringer a bien voulu se charger de constituer, pour le Bureau international, une première collection d'éléments étalons Weston. Pour cela, elle a fait établir, par la Société Rhône-Poulenc, 107 tubes de verre, à contacts de platine, qui devaient servir à contenir ces éléments.]

Après entente avec Sir Joseph Petavel, M^{me} Foehringer s'est rendue, en septembre 1929, à Teddington, où ces piles ont été montées et comparées aux étalons du National Physical Laboratory⁽¹⁾. M. D. W. Dye et M. S. Watts se sont mis avec une extrême obligeance à la disposition de M^{me} Foehringer, afin que ce travail fût mené à bonne fin; après son départ, ils ont poursuivi les comparaisons.

M^{me} Foehringer est retournée à Teddington en avril de cette année, et a rapporté les éléments.]

Des 107 tubes, 75 ont été remplis, c'est-à-dire transformés en éléments, dont un s'est fêlé, et trois ont été cassés au cours du travail; onze, utilisés pour les échantillons des solutions; dix-huit restent en attente; six de ces tubes sont défectueux, avec une mauvaise soudure du platine.

Des 74 étalons Weston, 69 étaient restés en observation au National Physical Laboratory; cinq ont été rapportés à Paris pour la suite du travail, ainsi que les onze tubes remplis de solutions à examiner, et dix-huit pièces vides.

(¹) Les matériaux nécessaires ont été purifiés et préparés au Laboratoire d'Électrochimie de l'École des Hautes Études, dirigé par M. Ch. Marie.

Les éléments ont été remplis en quatre groupes, savoir :

- I. 22 éléments n^{os} 29-00 à 29-21
- II. 19 » 29-30 et 29-33 à 29-50
- III. 20 » 29-60 à 29-79
- IV. 13 » 29-85 à 29-94 et 29-96 à 29-98

(Les deux premiers chiffres des numéros indiquent l'année, les deux suivants l'ordre de l'élément dans son groupe.)

On avait décidé d'établir en premier lieu un groupe d'éléments-étalons suivant les spécifications du National Physical Laboratory, et de modifier éventuellement les conditions pour les autres groupes selon les résultats obtenus. Pour tous les groupes, le mercure fait partie du même approvisionnement; il a été deux fois distillé dans le vide. Les autres composants sont :

Pour le groupe I : Comme cathode, l'amalgame de cadmium à 10 pour 100, préparé par électrolyse avec du mercure deux fois distillé, et comme anode, un bâton de cadmium métallique de la Maison Baird et Taitlock; sulfate de cadmium de la Société Rhône-Poulenc, recristallisé à Paris; solution 0,1 N d'acide sulfurique; sulfate de mercure préparé par précipitation d'après les spécifications du N. P. L. Le sel était lavé quatre fois dans un Buchner avec de l'acide sulfurique à 0,1 N, ensuite quatre fois avec une solution concentrée de sulfate de cadmium dans le même liquide. Tout le lot de sulfate de mercure a été partagé en deux parties; la première a été employée pour le groupe I, la seconde pour le groupe II.

Pour le groupe II : Amalgame, le même que pour le groupe I; sulfate de cadmium le même, mais en solution dans de l'eau bidistillée; sulfate de mercure, le même que pour le groupe I, mais traité avec la solution de sulfate de cadmium neutre, par agitation d'abord, puis deux fois lavé avec la solution de sulfate de cadmium dans l'eau bidistillée.

Pour le groupe III : Amalgame de cadmium à 10 p. 100, préparé par électrolyse avec le même mercure, et en anode avec du cadmium en bâton de la Maison Schuchardt; sulfate de cadmium de la Maison Baird et Taitlock, recristallisé au N. P. L., en solution dans l'acide sulfurique à 0,1 N; sulfate de mercure fraîchement préparé le 10 septembre, selon les spécifications du N. P. L., partagé en deux lots, la partie destinée au groupe III

lavée quatre fois au Buchner avec une solution d'acide sulfurique à 0,1 N, et trois fois avec la solution saturée de sulfate de cadmium du N. P. L. dans le même liquide.

Pour le groupe IV : Amalgame, le même que pour le groupe III; sulfate de cadmium de la Société Rhône-Poulenc, recristallisé à Paris, en solution dans l'acide sulfurique à 0,1 N; sulfate de mercure, le même que pour le groupe III, mais lavé encore trois fois avec une solution saturée de sulfate de cadmium dans l'acide sulfurique à 0,1 N.

Comme il s'est trouvé que la quantité de cristaux de sulfate de cadmium était insuffisante, et laissait quelques éléments sans matière pour la cathode, on avait recristallisé un lot de la solution acide dans une enceinte modérément chauffée (35° à 40°), et on l'avait ajouté au lot primaire.

Tous les étalons ont été laissés, après la préparation, pendant 24 heures dans une pièce chauffée (35° à 40°), puis on les a abandonnés au refroidissement, et ensuite on les a placés dans un bain d'huile de paraffine à température constante.

Pour les comparaisons, on a étudié les différences entre chaque élément et un groupe de huit étalons du N. P. L., construits à des époques différentes, à partir de 1925.

La valeur de ces étalons a été déterminée, d'après les comparaisons internationales, et a donné 1,018239 volt à 20°; l'acidité de la solution de cadmium produit, en effet, la différence de 61 microvolts avec la force électromotrice de 1,018300 volt à 20° (voir *Report of the N. P. L.*, 1928, p. 109).

La moyenne des écarts des éléments par rapport au groupe étalon du N. P. L. est donnée en détail dans les tableaux ci-joints.

Dans le groupe I, la moyenne est d'environ — 7 microvolts; donc la force électromotrice de ce groupe peut être considérée comme égale à 1,018232 volt à 20°.

Dans le groupe II, qui utilise du sulfate de cadmium neutre, les différences se sont montrées très grandes, et sont, au surplus, extrêmement variables. Elles atteignent au maximum 765 microvolts. On peut se demander dès lors si les éléments se montreront suffisamment stables pour pouvoir servir d'étalons primaires.

La moyenne des écarts du groupe III est de — 15 microvolts; sa force électromotrice est donc de 1,018224 volt.

Le groupe IV donne d'assez bons résultats. Sa moyenne est de — 22 microvolts par rapport au groupe du N. P. L.

(Les observations du N. P. L. ont été faites avec l'aimable concours de M. S. Watts.)

GROUPE I.

Température ...	18°, 3.	18°, 9.	18°, 7.	18°, 7.	18°, 9.	17°, 0.	15°, 4.	14°, 8.	14°, 7.	15°, 7.
Élément.	6 sept. 1929.	7 sept. 1929.	9 sept. 1929.	10 sept. 1929.	13 sept. 1929.	29 nov. 1929.	30 déc. 1929.	31 janv. 1930.	24 fév. 1930.	25 fév. 1930.
29-05.....	-11	-4	-7	-6	-2	-9	-5	-4	-6	-5
06.....	-16	-9	-7	-7	-5	-17	-5	-4	-6	-6
07.....	-11	-9	-7	-7	-5	-1	-7	-7	-6	-6
08.....	-9	-8	-7	-8	-5	-6	-7	-4	-4	-6
09.....	-11	-9	-8	-9	-6	-6	-7	-7	-8	-8
10.....	-9	-3	-7	-9	-5	-6	-6	-5	-6	-6
11.....	-9	-4	-7	-8	-8	-6	-6	-5	-6	-6
12.....	-11	-6	-8	-9	-8	-7	-6	-5	-6	-6
13.....	-8	-4	-7	-9	-8	-6	-6	-5	-5	-5
14.....	-6	-2	-6	-7	-7	-4	-5	-4	-4	-4
15.....	-10	-6	-7	-8	-9	-7	-5	-5	-6	-6
16.....	-9	-7	-7	-8	-7	-6	-6	-5	-6	-6
17.....	-16	-9	-9	-10	-9	-7	-7	-5	-6	-6
18.....	-11	-5	-8	-8	-5	-6	-6	-4	-5	-6
19.....	-9	-4	-7	-7	-5	-6	-5	-4	-4	-4
20.....	-4	-3	-7	-9	-8	-6	-5	-4	-4	-4
21.....	-3	-1	-8	-10	-9	-7	-8	-9	-8	-6
Moyenne..	-10	-6	-7	-8	-6	-7	-6	-5	-6	-6

17 éléments, 10 observations. Moyenne générale — 7. Écart max. ± 3 μV.

GRUPE II.

	18°, 7.	18°, 7.	18°, 9.	17°, 0.	15°, 4.	14°, 8.	14°, 7.	15°, 7.
Température	9 sept. 1929.	10 sept. 1929.	11 sept. 1929.	29 nov. 1929.	30 déc. 1929.	31 janv. 1930.	24 fév. 1930.	25 fév. 1930.
29-30.....	+ 15	- 20	+1340	- 4	+ 5	- 7	+ 4	+ 9
33.....	+690	+602	+ 58	- 4	- 90	-157	-173	-196
34.....	+680	+612	+ 590	+336	+202	+103	+ 84	+ 64
35.....	+712	+655	+ 632	+296	+225	+108	+ 89	+ 69
36.....	+638	+570	+ 536	+ 46	- 95	-162	-166	-186
37.....	+768	+696	+ 665	+306	+245	+133	+109	+ 88
38.....	+612	+562	+ 546	+201	+145	+ 43	+ 29	+ 11
39.....	+640	+582	+ 562	+366	+235	+146	+124	+104
40.....	+662	+610	+ 590	+249	+190	+ 78	+ 61	+ 39
41.....	+663	+630	+ 595	+161	+ 60	- 57	- 69	- 89
42.....	+678	+630	+ 615	+426	+350	+213	+184	+162
43.....	+702	+643	+ 619	+336	+145	+ 3	- 14	- 34
44.....	+646	+570	+ 648	+176	+105	+ 8	- 9	- 29
45.....	+662	+615	+ 600	+246	+170	+ 43	+ 21	- 1
46.....	+705	+649	+ 622	+266	+185	+ 60	+ 34	+ 9
47.....	+600	+558	+ 540	+351	+310	+203	+186	+166
48.....	+706	+662	+ 646	+333	+275	+153	+131	+109
49.....	+770	+718	+ 685	+341	+300	+203	+184	+162
50.....	+765	+716	+ 675	+431	+415	+283	+264	+242

GROUPE III.

Température.....	20°, 3.	18°, 9.	17°, 0.	15°, 4.	44°, 8.	14°, 7.	15°, 7.
Élément.	12 sept. 1929.	13 sept. 1929.	29 nov. 1929.	30 déc. 1929.	31 janv. 1930.	24 fév. 1930.	25 fév. 1930.
29-60.....	- 9	-17	- 7	-10	- 7	- 6	- 6
61.....	- 8	-25	- 7	-10	- 9	- 8	- 9
62.....	-31	-21	- 9	-12	- 9	- 9	-10
63.....	-31	-18	-11	-12	- 7	- 9	- 9
64.....	-31	-19	-11	-10	- 8	- 8	- 9
65.....	-27	-20	-14	-12	-12	-11	-13
66.....	-34	-20	-12	-12	-11	-10	-12
67.....	-20	-12	- 9	-12	- 9	-11	-11
68.....	-29	-19	- 6	-12	-10	- 9	- 9
69.....	-30	-25	- 9	-10	-12	-10	-11
29-70.....	-34	-30	- 8	-11	-10	- 9	-11
71.....	-20	-20	-11	-12	-12	- 9	- 9
72.....	-31	-23	-14	-12	-12	-11	-11
73.....	-32	-22	-14	-15	-17	-16	-16
74.....	-39	-34	-12	-13	-12	-11	-11
75.....	-41	-30	-14	-13	-12	-11	- 9
76.....	-27	-20	-12	-12	-12	-11	-12
77.....	-21	-18	-12	-12	-12	-11	-11
78.....	-19	-15	-14	-15	-14	-14	-13
79.....	+ 2	- 7	-16	-15	-17	-15	-14
Moyenne.....	-26	-21	-11	-12	-11	-10	-11

28 éléments, 7 observations. Moyenne générale - 14. Ecart-max. ± 12 μ.V.

GROUPE IV.

	19° 4.	19° 0.	17° 0.	15° 4.	14° 8.	14° 7.	15° 0.
Température.....	13 sept. 1929.	14 sept. 1929.	29 nov. 1929.	30 déc. 1929.	31 janv. 1930.	24 fév. 1930.	25 fév. 1930.
Elément.							
29-85.....	+ 5	- 8	-26	-25	-22	-22	-22
86.....	-27	-28	-21	-23	-20	-21	-21
87.....	-35	-30	-21	-22	-20	-20	-21
88.....	-10	- 8	-24	-23	-24	-23	-24
89.....	-20	-25	-24	-23	-24	-23	-23
90.....	-18	-22	-27	-25	-25	-24	-26
91.....	-10	-15	-26	-23	-25	-23	-23
92.....	0	-10	-26	-23	-24	-24	-24
93.....	-18	-21	-27	-25	-24	-23	-24
94.....	-20	-25	-24	-25	-23	-21	-23
96.....	- 5	-18	-24	-25	-24	-23	-24
97.....	- 5	-13	-26	-25	-24	-24	-25
98.....	-20	-20	-27	-23	-24	-24	-26
Moyenne.....	-14	-19	-25	-24	-23	-23	-24

13 éléments, 7 observations. Moyenne générale - 22. Écart max. $\pm 8 \mu V$.

Différences en microvolts par rapport au groupe étalon du National Physical Laboratory.

Température ...	18°, 7.	18°, 9.	15°, 0.	15°, 0.	15°, 0.
Élément.	9 sept. 1929.	13 sept. 1929.	24 avril 1930.	24 avril 1930.	25 avril 1930.
29-00.....	— 4	— 5	— 11	— 11	— 7
01.....	— 9	— 7	— 10	— 7	— 9
02.....	— 7	— 7	— 9	— 9	— 9
03.....	— 3	— 1	— 6	— 7	— 7
04.....	— 8	— 5	— 5	— 9	— 7
Moyenne..	— 6	— 5	— 8	— 8	— 8

5 éléments, 6 observations. Moyenne générale — 7. Écart max. \pm 1 μ V.

Différences en cent-millièmes de volt par rapport au groupe étalon du Laboratoire central d'Électricité.

La force électromotrice du groupe étalon du Laboratoire central est 1,01835 volt à 20° C.

Température ...	20°, 0.	19°, 0.	21°, 0.	19°, 0.	20°, 0.
Élément.	20 janv. 1930.	27 janv. 1930.	3 fév. 1930.	10 fév. 1930.	17 fév. 1930.
				24 fév. 1930.	24 fév. 1930.
				10 mars 1930.	30 mars 1930.
				10 mars 1930.	7 avril 1930.
29-00.....	— 4	— 1	— 3	— 3	— 6
01.....	— 4	— 1	— 3	— 2	— 6
02.....	— 4	— 1	— 3	— 1	— 6
03.....	— 4	— 1	— 3	— 1	— 6
04.....	— 3	+ 2	— 2	— 1	— 7
Moyenne..	— 4	— 1	— 3	— 2	— 6

5 éléments, 10 observations. Moyenne générale — 23. Écart max. \pm 37 μ V.

Le dernier tableau représente les résultats des observations des 5 éléments du groupe I, qui ont été apportés à Paris en septembre, et comparés à partir de janvier 1930 toutes les semaines avec le groupe étalon du L. C. E. En avril, ces éléments ont été portés de nouveau au N. P. L., et les résultats des trois dernières observations montrent qu'ils ont bien conservé leurs valeurs initiales. Ce groupe formerait excellemment un groupe étalon du Bureau international, avec un montage en parallèle et une force électromotrice de 1,01823 volt international à 20°.

Remarque. — Les mesures des forces électromotrices des étalons Weston sont faites au N. P. L. en microvolts, à l'aide d'un potentiomètre d'Otto Wolff à 5 décades de résistances. La chute de potentiel sur une bobine de la dernière décade est de $10 \cdot 10^{-6}$ volt, donc les cent-millièmes de volt sont lus directement et les microvolts sont évalués d'après les déviations du galvanomètre, 7 à 8 divisions pour $10 \cdot 10^{-6}$ volt.

Au Laboratoire central, la dernière décade du potentiomètre a 9 bobines de 1 ohm, et la chute de potentiel est de $100 \cdot 10^{-8}$ sur chaque bobine, de sorte que la précision des lectures est dix fois moindre qu'au N. P. L.

La force électromotrice du groupe de 5 étalons, appartenant au Bureau international, se trouve donc égale à :

1,018232 v. i. à 20° par rapport aux étalons du N. P. L.	
1,018327	» L. C. E.

Il existe, d'après ces mesures, une différence de 95 microvolts entre les groupes étalons L. C. E. — N. P. L.

LE

VIEILLISSEMENT DES ÉLÉMENTS ÉTALONS;

PRÉCISION ACCRUE DANS LEUR USAGE ET DANS LES COMPARAISONS
INTERNATIONALES (1).

(Extrait du Mémoire de MM. A. Norman SHAW, H. E. REILLEY
et R. J. CLARK de l'Université de McGill, à Montréal.)

Sommaire.

1. Les éléments normaux neutres Weston donnent une force électromotrice qui varie avec l'âge, pendant au moins vingt ans, en conformité de l'équation

$$E_M = A + B \log(M + \tau),$$

où E_M est le changement de force électromotrice pour un âge de M mois, et A , B et τ sont des constantes.

2. On trouve qu'une valeur moyenne initiale pour la force électromotrice peut être reprise de temps en temps, comme il est requis, à 1 ou 2 millièmes près, sans que l'on établisse de nouveaux éléments. Cela constitue un progrès décisif en précision.

3. Une théorie pour le vieillissement est développée; elle conduit à la formule plus générale,

$$E = E_0 + B \log \frac{1 - e^{-k(t+\tau)}}{1 + e^{-k\tau}} = E_F + B \log(1 - e^{-k(t+\tau)}),$$

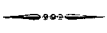
dont la formule ci-dessus est une approximation, lorsque k est petit (E_0 = force électromotrice totale lorsque $t = 0$, et E_F = force électromotrice totale lorsque $t = \infty$, les autres effets étant ignorés).

(1) *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, t. CCXXIX, p. 125.

4. Des instructions détaillées pour la détermination de E_0 , B , τ , k et E_F sont données. Si t est exprimé en mois, on montre que $B = -17,1$ pour tous les éléments neutres examinés, et que τ a la valeur de 0,5 à 5 mois dans la plupart des éléments, avec des valeurs exceptionnelles qui montent à 25. L'explication physique possible de ces constantes est discutée en détail, et l'on obtient une interprétation logique du phénomène.

5. Les tables et courbes enregistrées, qui comportent plusieurs centaines de lectures faites dans une période de vingt ans, sont propres à indiquer le procédé de mesure, et à vérifier la précision.

6. Une table et une carte des comparaisons internationales des lectures, faites à l'Université McGill avec celles du National Physical Laboratory et du Bureau of Standards, montrent une différence moyenne égale à zéro, comparée à celle de Washington, pour huit échanges, avec une divergence maxima de 6 microvolts, tandis que pour cinq échanges avec Teddington, la différence moyenne était de 1 microvolt, avec un maximum de 8. Ces différences sont dues à des perturbations dans les éléments transportés, et à des fluctuations dans les étalons. Lorsqu'on emploie des séries sélectionnées, corrigées pour le vieillissement, on considère qu'un étalon moyen international pourrait être repris, s'il est désiré, jusqu'au millionième.



UNITÉS ET MÉTHODES PHOTOMÉTRIQUES.

Mémorandum soumis au Comité consultatif d'Électricité
institué par le Comité international des Poids et Mesures;

PAR M. GEORGE K. BURGESS,

Directeur du Bureau of Standards, Washington.

Dans sa session de 1929, le Comité international des Poids et Mesures a adopté les résolutions suivantes (*Procès-Verbaux*, p. 67) :

1° Le Comité international des Poids et Mesures, considérant l'importance qu'il y a à unifier les méthodes employées en photométrie, décide d'entreprendre l'étude de la question de l'adoption d'un système international des unités de lumière.

2° Dans ce but, le Comité international charge le Comité consultatif d'Électricité de le conseiller sur toutes les questions relatives aux méthodes de mesures et aux unités et étalons de lumière.

3° Le Comité international des Poids et Mesures donne pouvoir au Comité consultatif de solliciter, pour l'étude de ces questions, la collaboration des laboratoires nationaux et de la Commission internationale de l'Éclairage.

Ces résolutions indiquent le désir du Comité international de prêter son assistance pour obtenir une convention mondiale se rapportant aux unités et aux étalons photométriques, tout en reconnaissant les progrès déjà accomplis par d'autres organismes.

Plusieurs raisons concourent à demander que le Comité international soit chargé de la conservation des unités et étalons photométriques. Une telle action centraliserait dans un seul organisme l'autorité pour les étalons photométriques et électriques, ainsi que pour ceux de longueur, de masse, et pour la température. Ce procédé simplifierait la comparaison interna-

tionale des étalons, et éliminerait le doublement d'organisations poursuivant des fins de même nature. En effet, la création d'une autre organisation avec le même statut légal des établissements qui s'occupent aujourd'hui des poids et mesures serait tout à fait impraticable. Si l'on cherche l'adoption formelle et légale des unités internationales, on s'aperçoit qu'on ne peut l'obtenir que par l'intermédiaire du Comité international, fonctionnant sous l'autorité de la Conférence générale.

D'autre part, les étalons de lumière présentent des différences fondamentales par rapport aux étalons de longueur et de masse acceptés jusqu'ici. La lumière est essentiellement un phénomène fugitif. Les étalons en usage sont, en fait, un outillage servant à produire l'effet désiré; dans cette acception, ils sont analogues aux étalons représentant les unités électriques.

On ne doit pas s'attendre, par conséquent, à ce qu'un organisme international établisse un étalon fondamental unique, auquel doivent se conformer les étalons des autres pays. Il devrait, au contraire, servir à coordonner les résultats des travaux expérimentaux de tous les laboratoires, et à les rendre accessibles à tous les pays.

Heureusement, les principes et la méthode générale suggérés ci-dessus ont déjà été reconnus applicables aux unités et étalons électriques internationaux. Il semble donc que le terrain soit déblayé pour qu'on puisse prendre en considération les questions photométriques traitées suivant les mêmes méthodes.

ÉTAT ACTUEL DES ÉTALONS D'INTENSITÉ LUMINEUSE.

On ne possède pas, pour le moment, d'étalon primaire susceptible d'être reproduit et généralement accepté comme base pour la mesure de la lumière. Les unités employées en plusieurs pays sont, dans leur origine, dérivées d'étalons primaires différents; mais, dans la pratique, ces unités sont généralement basées sur des groupes de lampes électriques à filaments de carbone, pour lesquels les valeurs de l'intensité lumineuses (à différence de potentiel définie) ont été adoptées il y a longtemps. Ces groupes de lampes électriques, après de longues périodes, ont montré des variations bien inférieures aux incertitudes qui y entreraient en faisant dériver celles-ci de nouvelles valeurs des étalons primaires.

Néanmoins, on reconnaît que les lampes électriques sont, par l'usage, sujettes à des changements, et que, pour cette raison, l'on devrait découvrir des étalons primaires exactement reproductibles, acceptables comme base de notre système d'unités. L'adoption d'un étalon primaire de ce genre est logiquement, et tout d'abord, le premier pas à faire; toutefois, il n'est pas absolument nécessaire. Il y a deux autres problèmes qu'il faudra envisager en même temps; en fait, pour des fins pratiques, ils sont du premier ordre d'urgence.

Ces deux problèmes sont, en premier lieu, l'existence de deux unités distinctes, et en second lieu, les divergences qui sont apparues lorsqu'on a étendu les mesures des lampes à filament de carbone aux types plus modernes fonctionnant avec des filaments à des températures plus élevées. Ces divergences croissent à mesure que les températures et les rendements des sources augmentent, et ont atteint actuellement une grandeur d'au moins 5 pour 100.

L'ÉTALON PRIMAIRE DE LUMIÈRE.

Comme résultat d'études et d'expériences faites pendant des années, il est reconnu que les plus grandes possibilités d'un étalon primaire, satisfaisant en théorie, et possible en pratique, résultent de l'emploi du radiateur à *corps noir* ou *radiateur intégral*. La Commission internationale de l'Éclairage a adopté, à Genève, en 1924, les résolutions suivantes :

1° La Commission internationale de l'Éclairage recommande l'adoption internationale, comme étalon primaire de lumière, de la brillance d'un corps noir, utilisé dans des conditions sujettes à définition précise.

2° Cette Commission recommande aux laboratoires nationaux de prendre des mesures :

1. Pour formuler des définitions normalisées pour la construction et les conditions d'emploi d'un corps noir comme étalon primaire de lumière;

2. Pour établir une valeur définitive de la brillance du corps noir utilisé dans ces conditions, exprimée en bougies internationales par centimètre carré.

Ces résolutions ont réservé, pour des études futures, la détermination des conditions d'opération du four à *corps noir*.

Il y a, cependant, de bonnes raisons pour adopter le point de solidification du platine comme point fixe fondamental dans une échelle de brillance. C'est une température que l'on obtient facilement par la technique actuelle de l'expérience du four; le platine peut être préparé à un degré élevé de pureté; l'emploi du point de solidification comme température admise rend l'étalon indépendant d'une échelle numérique des températures, et évite en même temps l'interpolation ou le transport de valeurs par le moyen d'un dispositif mesurant la température; enfin, la couleur de la lumière est pour toutes fins pratiques identique à celle résultant des étalons à filament de carbone employés aujourd'hui, de sorte que l'on peut établir une comparaison exacte avec ces étalons pratiques et bien définis.

Plus tard, on pourrait établir des valeurs de la brillance du four à *corps noir*, à des températures plus élevées: par exemple, on pourrait se servir du point de fusion du rhodium, puisqu'il donnerait une couleur plus approchée de celle des lampes ordinairement employées aujourd'hui. En fait, une échelle complète de brillance corrélative à l'échelle des températures pourrait être adoptée. Cependant, dans l'un et l'autre cas, il serait désirable que l'on adoptât le rayonnement du platine à son point de fusion comme point primaire de référence.

Nous avons à notre disposition, à l'heure actuelle, deux déterminations exactes de la brillance du corps noir au point de fusion du platine, et elles s'accordent aussi exactement que les valeurs relatives des étalons à filament de carbone.

Brodhun et Hoffmann (1) ont trouvé, à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, une brillance de 65,24 bougies Hefner par centimètre carré. L'unité Hefner est supposée être 0,9 de l'unité *internationale*, de sorte que ce résultat correspond à 58,72 bougies internationales par centimètre carré.

Wensel, Roeser, Barbrow et Caldwell (2), du Bureau of Standards, ont obtenu la valeur préliminaire 58,88 bougies par centi-

(1) BRODHUN et HOFFMANN, *Die Gesamthelligkeit des schwarzen Strahlers beim Palladium und Platinschmelzpunkt und ihre Verwendbarkeit für eine Lichteinheit* (*Zeitschrift für Physik*, t. XXXVII, 1926, p. 137).

(2) Résumé, *Journal of the Optical Society of America*, t. XX, p. 148, avril 1930. D'autres expériences sont exécutées progressivement; les résultats définitifs en seront publiés dans *Journal of Research* du Bureau of Standards.

mètre carré, employant dans ce but la radiation d'un corps noir plongé dans le platine fondu.

Nous sommes d'avis que les conditions dans lesquelles ces expériences ont été conduites sont plus favorables à une reproduction exacte dans les autres laboratoires; elles sont donc mieux appropriées à être adoptées pour définir l'étalon primaire. La valeur numérique indiquée, sujette à correction, dépend de la transparence de l'appareil optique employé en conjonction avec le corps noir.

Les résultats définitifs seront communiqués ultérieurement au Comité consultatif, et l'on soumettra en même temps des propositions définies pour la spécification de l'étalon. Il faut espérer que d'autres laboratoires mettront, dans un avenir prochain, cette méthode à l'épreuve.

Nous savons qu'on est engagé dans des recherches expérimentales sur la même question en France ⁽¹⁾, en Allemagne ⁽²⁾, en Grande-Bretagne et au Japon, de sorte que le Comité aura très prochainement à sa disposition d'autres résultats numériques comparables à ceux ci-dessus indiqués.

L'UNITÉ DE LUMIÈRE.

La lumière, comme effet visuel, comprend des réactions physiologiques et psychologiques. Ces réactions dépendent tellement des conditions d'observation qu'il semble n'y avoir aucun avantage réel à choisir une unité de lumière qui ait une relation définie avec l'unité d'énergie mécanique ou électrique.

Si le four à *corps noir* est adopté comme étalon primaire, alors une fraction simple de sa brillance (intensité lumineuse par centimètre carré) pourrait être prise pour unité; mais cette simplification serait utile seulement dans la définition de l'unité, tandis que le changement d'unités causerait beaucoup de difficultés et d'ennuis.

Les unités de lumière dont nous nous servons aujourd'hui ont des valeurs arbitraires. Leurs magnitudes ont eu leur origine dans les limitations naturelles de la grandeur et de la brillance

⁽¹⁾ *Comptes rendus des Séances de la Commission internationale de l'Éclairage*, 1928, p. 1102-1115 (Travaux de P. Fleury, J. Chapuis et d'autres).

⁽²⁾ C. MUELLER, *Ibid.*, p. 1116-1137.

de flammes libres. Cependant, la seule bonne raison qu'il y ait pour considérer un changement d'unité, c'est qu'il en existe deux.

Malheureusement, la différence entre les deux unités est si grande que l'acceptation d'une valeur intermédiaire aurait tous les désavantages pour les intéressés, et nous mettrait en présence pour quelque temps de la confusion additionnelle de trois unités au lieu de deux. La question se réduit donc à ceci : les avantages d'une uniformité internationale sont-ils assez importants pour justifier une action auprès des pays qui emploient l'unité Hefner, leur demandant de la changer dans leur pratique ?

Si jamais un changement d'unités se produisait, il se ferait le plus naturellement au moment de l'adoption d'un nouvel étalon primaire. Il n'est pas de la compétence du Comité international de provoquer un changement de cette nature. La meilleure méthode à suivre, c'est que le Comité favorise l'adoption d'étalons dans lesquels la proportion simple de 9 à 10 entre les deux unités soit maintenue exactement ; on peut espérer que tous les pays viendront tôt ou tard à employer la plus grande des deux unités.

CONSERVATION DES UNITÉS FONDAMENTALES.

On peut supposer qu'un étalon primaire pourrait être adopté, qui serait à la fois assez simple et assez approprié pour que la confirmation fréquente des unités fondamentales fût praticable. Les lampes à incandescence subsisteront néanmoins comme étalons pratiques dans les laboratoires photométriques. Elles serviront à conserver les unités dans les intervalles des déterminations nouvelles par l'étalon primaire. En outre, elles offrent le seul moyen pratique pour transporter les valeurs d'un laboratoire à un autre, et, par conséquent, elles sont essentielles pour la comparaison des résultats de différentes déterminations primaires.

Il est donc désirable qu'une comparaison complète et précise d'étalons fondamentaux de lampes à incandescence se fasse entre les laboratoires intéressés comme préparation à la désignation d'une valeur numérique pour l'étalon primaire. Un échange de lampes à filament de carbone a déjà été fait entre les laboratoires nationaux. Si cette comparaison montre des divergences, celles-ci peuvent être corrigées en déterminant la valeur primaire de l'étalon.

Pour maintenir l'uniformité, des comparaisons périodiques et réciproques devraient être exécutées de temps en temps, au moyen de lampes à incandescence, entre les laboratoires nationaux. Des changements dans les valeurs adoptées pour les étalons secondaires, rendus nécessaires par suite de nouvelles déterminations primaires, ne devraient être effectués qu'en vertu d'une convention internationale ratifiée par le Comité international des Poids et Mesures.

ÉTALONS A DES TEMPÉRATURES PLUS ÉLEVÉES.

Lorsqu'on aura établi, pour la lumière, des étalons satisfaisants comme celui du filament de carbone, la mesure de lampes commerciales pratiques présentera encore d'autres difficultés, qui tiennent à des différences dans la couleur de la lumière. On ne peut résoudre ces difficultés par le seul moyen de méthodes physiques. Dans une certaine mesure, les opérations physiologiques et psychologiques de vision doivent y prendre part, conduisant à des résultats différents dans des conditions variables.

Des dispositifs divers ont été employés pour éliminer, dans de telles mesures, la différence de couleur. Par exemple, on peut choisir des filtres de verre coloré, ou un liquide rendant la lumière émise par une lampe, semblable à celle provenant d'une autre lampe. En désignant, pour de tels filtres, des valeurs de transparence, il faut, cependant, mesurer la lumière de différentes couleurs. Ce n'est donc qu'un expédient de réaliser l'accord sur les facteurs de transmission pour des filtres particuliers ; la question fondamentale s'occupe de la méthode à employer pour les mesures. De la même façon, l'établissement de différents groupes de lampes étalons pour la lumière de diverses couleurs, ou l'acceptation d'équations représentant la variation de l'intensité de la lumière avec la différence de potentiel ou le courant fourni à la lampe, doit dépendre de la méthode employée pour mesurer la lumière d'une manière satisfaisante, et portant sur une assez large série de couleurs.

En plus de la détermination d'étalons fondamentaux satisfaisants, il est donc nécessaire d'établir une méthode unifiée capable de fournir des valeurs certaines pour d'autres lampes dont la teinte diffère de celle des étalons fondamentaux. Ce problème a été l'objet de discussions pendant plusieurs années entre les laboratoires nationaux, et un projet expérimental comprenant des

mesures sur des filtres colorés a été, pendant les deux dernières années, en voie d'exécution dans quatre laboratoires. En raison de ces travaux, le Comité consultatif pourra s'adresser à ces laboratoires pour en recevoir des conseils sur cet aspect du problème général. En supposant que le Comité consultatif veuille bien transmettre cette question aux laboratoires nationaux, on ne discutera pas, dans ce projet, les mérites des différentes méthodes de mesure.

Si les mesures coopératives, qui se poursuivent en ce moment, offrent le moyen d'arriver à une entente entre les laboratoires, qui leur soit agréable ainsi qu'à la Commission internationale de l'Éclairage, on pourrait demander au Comité international des Poids et Mesures de l'approuver, afin d'assurer une acceptation plus large de la méthode de mesure. En considération des demandes urgentes de la part de l'industrie pour régler cette question, le Comité consultatif devrait insister sur la nécessité d'agir de la part des laboratoires nationaux et de la Commission internationale de l'Éclairage, dans sa session prévue pour l'année 1931.

RÉSOLUTIONS PROPOSÉES.

Pour résumer cette discussion visant à une action définitive de la part du Comité consultatif, je propose de ratifier les résolutions suivantes :

a. Étalon primaire. — 1^o Le Comité consultatif d'Electricité appuie l'opinion de la Commission internationale de l'Éclairage, suivant laquelle un radiateur à corps noir, utilisé dans des conditions déterminées, devrait être adopté comme étalon primaire de lumière;

2^o Le Comité consultatif recommande que le point de solidification du platine pur soit adopté comme température de référence fondamentale pour le corps noir;

3^o Le Comité consultatif prie les différents laboratoires nationaux d'examiner les spécifications pour la construction et la mise en pratique du corps noir, soumises par le Bureau of Standards, et de présenter leurs opinions relatives aux moyens pratiques d'adopter l'étalon ainsi défini;

4^o Le Comité consultatif recommande d'effectuer d'autres déterminations sur la brillance du radiateur à corps noir, particulièrement dans les conditions prescrites pour les spécifications

proposées, ou au moins dans des conditions comparables aux conditions prescrites.

b. Unités de lumière. — 1^o Le Comité consultatif estime qu'il ne serait pas pratique de changer l'unité employée communément dans plusieurs pays depuis 1909, et adoptée par la Commission internationale de l'Éclairage.

2^o Le Comité consultatif exprime le désir que tous les pays puissent arriver à accepter cette unité afin de réaliser l'uniformité des mesures.

c. Conservation des unités. — 1^o Le Comité consultatif propose que les laboratoires nationaux échangent et comparent immédiatement des groupes de lampes à filament de carbone, ou d'autres lampes utilisées, avec une couleur correspondante, et qu'ils présentent, au Comité international des Poids et Mesures, des informations précises se rapportant aux valeurs relatives des unités d'intensité lumineuse telles qu'elles sont conservées aujourd'hui dans les différents laboratoires.

2^o Supposant que les différences établies sur la base de telles comparaisons soient éliminées par un accord entre les laboratoires nationaux, le Comité consultatif propose d'effectuer à l'avenir des comparaisons périodiques sous les auspices du Comité international.

3^o Appréciant l'importance de l'uniformité et de la continuité dans les valeurs d'étalons secondaires matériels, le Comité consultatif recommande que les ajustements futurs de ces valeurs, qui pourraient devenir nécessaires pour les rapporter à l'étalon primaire, soient obtenus par une convention internationale, approuvée par le Comité international des Poids et Mesures.

d. Étalons pour des lumières de couleurs différentes. — 1^o Le Comité consultatif reconnaît l'importance des recherches qu'exécutent en collaboration les laboratoires nationaux sur la mesure de la transmission de filtres colorés, et exprime l'espoir que ces recherches conduiront à un accord sur une méthode généralement acceptée pour effectuer de telles mesures, aussi bien que sur les valeurs adoptées pour les différents filtres.

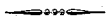
2^o Le Comité consultatif sera heureux de recevoir pour sa propre information, et pour leur transmission au Comité international des Poids et Mesures, des rapports sur le progrès de ces recherches, susceptibles d'être publiés.

3° Le Comité consultatif espère également qu'un accord sur les méthodes de mesure des lumières de différentes couleurs puisse être préparé de manière à être pris en considération par la Commission internationale de l'Éclairage dans sa session de 1931.

e. Fonctions du Comité international et du Bureau international. — 1° Le Comité consultatif est d'avis qu'il serait désirable que le Comité international des Poids et Mesures se chargeât du travail international sur les unités et étalons photométriques, afin d'éviter la duplication de l'organisation et la division de l'autorité.

2° Le Comité consultatif recommande, cependant, que le Comité international continue à demander l'avis et la coopération de la Commission internationale de l'Éclairage, puisque ladite Commission représente les organismes qui s'occupent le plus des mesures de la lumière.

3° Le Comité consultatif s'attend à ce que le Bureau international des Poids et Mesures remplisse à l'avenir les mêmes fonctions pour les étalons photométriques, qu'il a acceptées pour les étalons électriques, mais, étant donné son personnel restreint actuel, ses opérations seront limitées pour quelque temps encore au secrétariat qui lui incombe en vue de l'échange et de la comparaison des étalons.



COMPARAISONS DES ÉTALONS DE FLUX LUMINEUX

DU

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ

AVEC CEUX DU

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY

ET DE LA

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT;

Par M. PAUL JANET,

Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

Le Laboratoire central utilise, comme point de départ des mesures de flux lumineux, qu'il exécute au moyen du lumenmètre diffusant, dit *lumenmètre d'Ulbricht*, des lampes à atmosphère gazeuse d'environ 300 watts.

Le flux lumineux de ces lampes a été déterminé par intégration de la courbe d'intensité lumineuse tracée dans divers azimuts. Pour le choix des différents angles pour lesquels des mesures d'intensité lumineuse ont été effectuées, on a utilisé la méthode de Tchébitchef.

Ces lampes ont servi à la constitution en cascade de séries d'étalons secondaires d'intensité décroissante, qui sont utilisés dans les mesures effectuées par le Laboratoire.

Il a été signalé à plusieurs reprises que les résultats obtenus par le Laboratoire central d'Électricité présentaient des divergences avec ceux obtenus dans les laboratoires étrangers. C'est ce fait qui a motivé la comparaison internationale d'étalons de flux lumineux dont il va être parlé ci-dessous.

Le mode opératoire de toutes ces comparaisons a été le suivant :

Des lampes soigneusement étudiées au Laboratoire central d'Électricité ont été envoyées à l'établissement avec lequel on désirait effectuer des comparaisons, puis ont été, à leur retour, l'objet de nouvelles déterminations de flux lumineux.

A. — COMPARAISONS AVEC LE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY (1928).

I. — Lampes ayant un facteur d'efficacité de l'ordre de 15 à 16 lumens par watt.

N° de la lampe.	Lumens.		
	L. C. E. avant.	N. P. L.	L. C. E. après.
1.....	4070	4000	4105
2.....	4040	3995	4095

En prenant, pour valeur du flux au Laboratoire central, la moyenne des résultats ci-dessus, on trouve :

$$\frac{\text{Lumen N. P. L.}}{\text{Lumen L. C. E.}} = 1,019.$$

II. — Lampes à atmosphère gazeuse ayant un facteur d'efficacité d'environ 11 lumens par watt.

N° de la lampe.	Lumens.		
	L. C. E. avant.	N. P. L.	L. C. E. après.
1.....	451	429	454
2.....	462	437	461
3.....	452	428	454
4.....	458	434	458

d'où l'on tire

$$\frac{\text{Lumen N. P. L.}}{\text{Lumen L. C. E.}} = 1,055.$$

III. — Lampes à filament de tungstène en cage d'écureuil dans le vide; facteur d'efficacité environ 9 lumens par watt.

N° de la lampe.	Lumens.		
	L. C. E. avant.	N. P. L.	L. C. E. après.
1.....	208	192,4	205
2.....	208	194,2	208
3.....	210	195,6	210
4.....	210	197	213

d'où

$$\frac{\text{Lumen N. P. L.}}{\text{Lumen L. C. E.}} = 1,073.$$

B. — COMPARAISONS AVEC LA PHYSIKALISCH-TECHNISCHE
REICHSANSTALT (1929).

I. — Lampes à atmosphère gazeuse;
facteur d'efficacité de l'ordre de 15 lumens par watt.

N° de la lampe.	Lumens L. C. E.		Lumens hefner.
	avant.	après.	
Φ 3.....	4110	4047	4590
Φ 7.....	4110	4126	4620

d'où

$$\frac{\text{Lumen L. C. E.}}{\text{Lumen hefner}} = 1,123.$$

II. — Lampes à atmosphère gazeuse;
facteur d'efficacité de l'ordre de 11 lumens par watt.

N° de la lampe.	Lumens L. C. E.		Lumens hefner.
	avant.	après.	
BL 2.....	460	456	514
BL 4.....	458	448	502

d'où

$$\frac{\text{Lumen L. C. E.}}{\text{Lumen hefner}} = 1,121.$$

III. — Lampes à filament de tungstène dans le vide, fila-
ment en cage d'écureuil; facteur d'efficacité de l'ordre de
9 lumens par watt.

N° de la lampe.	Lumens L. C. E.		Lumens hefner.
	avant.	après.	
AL 2.....	210	205	221
AL 4.....	210	210	225

d'où

$$\frac{\text{Lumen L. C. E.}}{\text{Lumen hefner}} = 1,068.$$

Ces dernières mesures comportent une remarque.

A la suite de comparaisons auxquelles le Laboratoire central d'Électricité n'avait pas pris part, il avait été décidé à l'Assemblée générale de la Commission internationale de l'Eclairage, à Saranac, en 1928, d'admettre, pour le rapport entre la bougie internationale et l'hefner :

Pour les mesures faites sur des lampes à filament de carbone.....	1,11
Pour les mesures faites sur des lampes à filament de tungstène dans le vide.....	1,15
Pour les mesures faites sur des lampes à atmosphère gazeuse.....	1,17

On voit que, contrairement à cette décision, le rapport $\frac{\text{bougie internationale}}{\text{hefner}}$, déduit des comparaisons d'étalons de flux

à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt et au Laboratoire central d'Électricité, est très voisin (à 1 pour 100 près) de la valeur de 1,11 qu'il devrait normalement avoir lorsqu'il s'agit de lampes à atmosphère gazeuse, et qu'au contraire, une divergence de 4 pour 100 se manifeste lorsqu'on utilise des lampes à filament de tungstène dans le vide.

La cause de ces divergences pourrait, pensons-nous, être recherchée dans la manière dont les divers Laboratoires ont constitué leurs étalons primaires de flux lumineux.

Comme nous l'avons dit, le Laboratoire central d'Électricité les a constitués au moyen de lampes à atmosphère gazeuse, alors que nous croyons savoir que d'autres laboratoires les ont constitués au moyen de lampes dans le vide.



PROPOSITIONS

CONCERNANT L'ÉTALON PRIMAIRE DE LUMIÈRE,

Soumises au Comité consultatif d'Électricité,
institué par le Comité international des Poids et Mesures;

Par M. GEORGE BURGESS,
Directeur du Bureau of Standards.

Le rapport général sur les Unités et Étalons photométriques, soumis au Comité consultatif en date du 4 mars 1930, mentionne les avantages d'un étalon primaire de lumière, constitué par un radiateur intégral (corps noir) à la température de fusion du platine. La proposition, faite par MM. Waidner et Burgess (1) en 1908, a été tout récemment développée dans un procédé expérimental, propre à des reproductions précises. Ce travail a été fait au Bureau of Standards par MM. Wensel, Roeser, Barbrow et Caldwell, et un rapport détaillé en sera publié dans le *Journal of Research* de ce Bureau.

Les détails essentiels de l'appareil sont donnés dans les spécifications pour un étalon primaire, que l'on trouvera à la suite de la présente Note.

Comme il est indiqué dans le mémorandum général, les résultats obtenus avec cet appareil concordent aussi bien que possible avec ceux de Brodhun et Hoffmann (2), à la Reichsanstalt, en ce qui concerne les valeurs des étalons de la bougie employées comme bases pour les deux résultats. Cependant, comparée avec la méthode de Brodhun et Hoffmann, qui exige l'établissement d'un espace à température uniforme dans un four à résistance, la méthode proposée aujourd'hui offre de meilleures garanties de reproductibilité dans les différents laboratoires.

La valeur préliminaire donnée pour la brillance de l'étalon (58,88 bougies par centimètre carré) imposait des corrections

(1) *Electrical World*, vol. LII, 1908, p. 625.

(2) *Zeitschr. f. Physik*, t. XXXVII, 1926, p. 137.

résultant de mesures plus précises de la transmission des parties optiques employées pour projeter la lumière du radiateur sur la surface photométrique. La valeur finale est 58,84 bougies par centimètre carré. Ce fait peut être exprimé aussi en disant que l'intensité d'une bougie est donnée par une aire de 1^{mm}²,7. Ces valeurs sont basées sur un groupe de six lampes à filament de carbone faisant partie des 45 lampes employées au Bureau of Standards pour conserver l'unité de la bougie adoptée en 1909.

Le rapport de la résistance électrique à 100° à celle à 0° du lingot de platine n° 1 était 1,3918 avant les mesures, et 1,3903 après 150 fusions et solidifications faites à propos de ce travail et pour d'autres recherches.

La précision et la permanence des résultats peuvent être estimées d'après les données des tableaux suivants. Les portions mentionnées de l'appareil sont données dans la description (*fig. 4*), après les spécifications proposées.

1. — *Données sur la transmission de la lentille et du prisme.*

Observateur.	Méthode		Moyenne.
	de la boîte,	du pyromètre,	
	en centièmes.	en centièmes.	
	Moy. de 12 séries.	Moy. de 4 solidifications.	
A	76,93	77,03	76,98
B	76,93	76,93	76,93
C	76,89	76,85	76,87
D	<u>76,97</u>	»	76,97
Moyenne.....	<u>76,92</u>	<u>76,94</u>	

Valeur utilisée : 76,93 pour 100.

2. — *Données sur la brillance du corps noir.*

Lingot de platine n° 1.

Observateur.....	A.	B.	C.	D.
	58,69	58,48	58,92	58,46
	58,87	58,54	58,56	59,10
	59,15	58,78	59,23	58,67
	<u>59,09</u>	<u>58,82</u>	<u>59,15</u>	<u>59,02</u>
Moyenne.....	58,95	58,66	58,96	58,83

Moyenne du lingot n° 1 = 58,85 b/cm².

Lingot de platine n° 2.

Observateur.....	A.	B.	C.	D.
	58,61	58,81	59,13	58,53
	58,88	58,86	58,97	58,95
	58,65	58,59	58,46	58,73
	59,14	59,01	59,09	59,02
Moyenne.....	58,82	58,82	58,91	58,81

Moyenne du lingot n° 2 = 58,84 b/cm².

Observateur.....	A.	B.	C.	D.
Lingot n° 1.....	58,95	58,66	58,96	58,83
Lingot n° 2.....	58,82	58,82	58,91	58,81
Moyenne.....	58,88	58,74	58,93	58,82

Moyenne générale = 58,84.

Résumé des résultats.

Distance focale de la lentille.....	25 ^{cm}
Diamètre de l'ouverture du diaphragme.....	1 ^{cm} ,9082
Distance du diaphragme au plan, environ.....	340 ^{cm}
Distance de la lampe étalon au plan, environ....	125 ^{cm}
Comparaison de la distance de la lampe au plan de transmission, environ.....	125 ^{cm}
Nombre de bougies du groupe de 6 lampes primaires, moyenne.....	17,723
Transmission de la lentille et du prisme (pour 100).	76,93
Brillance du corps noir immergé dans le platine au point de fusion.....	54,84 b/cm ²

Discussion des sources d'erreurs.

Le diamètre du diaphragme a été mesuré deux fois, sur la machine à diviser et avec les calibres étalons, l'erreur de la surface étant trop faible pour affecter les résultats au delà de 3 ou 4 dix-millièmes. Les distances entre le plan d'essai et la lampe étalon, et de celle-ci au diaphragme, ont été mesurées avec une précision de 0^{mm},1, au moyen d'une longue barre d'acier graduée et vérifiée par la section de mesures de longueurs du Bureau.

L'erreur provenant de cette source, puisque les erreurs commises sont accidentelles et se compensent largement, n'est pas suffisante pour fausser le résultat de plus de 2 dix-millièmes. Le nombre de bougies trouvé pour six lampes étalons, moyenne du groupe, est considéré comme exact, les résultats étant exprimés comme étant *relatifs à ce groupe de lampes*.

La valeur obtenue pour la transparence de la lentille et du prisme est considérée comme exacte à 5 dix-millièmes près.

L'incertitude expérimentale, en y associant le photomètre, est de 1 pour 1000

Résumé des erreurs possibles.

	Pour 100.
Aire du diaphragme.....	$\pm 0,03$
Mesures de distance.....	$\pm 0,02$
Transparence de la lentille et du prisme.....	$\pm 0,05$
Divergence par rapport au corps noir.....	$-0,1$
Association photométrique.....	$\pm 0,1$

On pense que le résultat n'est pas beaucoup plus élevé que 0,1 pour 100, ou plus bas que 0,2 pour 100.

Spécifications pour l'étalon primaire de lumière.

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

1. L'étalon primaire de lumière doit être un radiateur intégral (corps noir, espace creux).

2. Le radiateur doit être employé dans le platine pur à son point de solidification.

3. L'unité actuelle de lumière (la bougie internationale) est représentée par un radiateur ayant une aire projetée normale à la ligne de visée, de $1,700\text{ cm}^2$.

II. — CONSTRUCTION DE L'ÉTALON DE RAYONNEMENT.

1. La chauffe doit être faite par l'induction électromagnétique, la chaleur étant engendrée directement dans le platine.

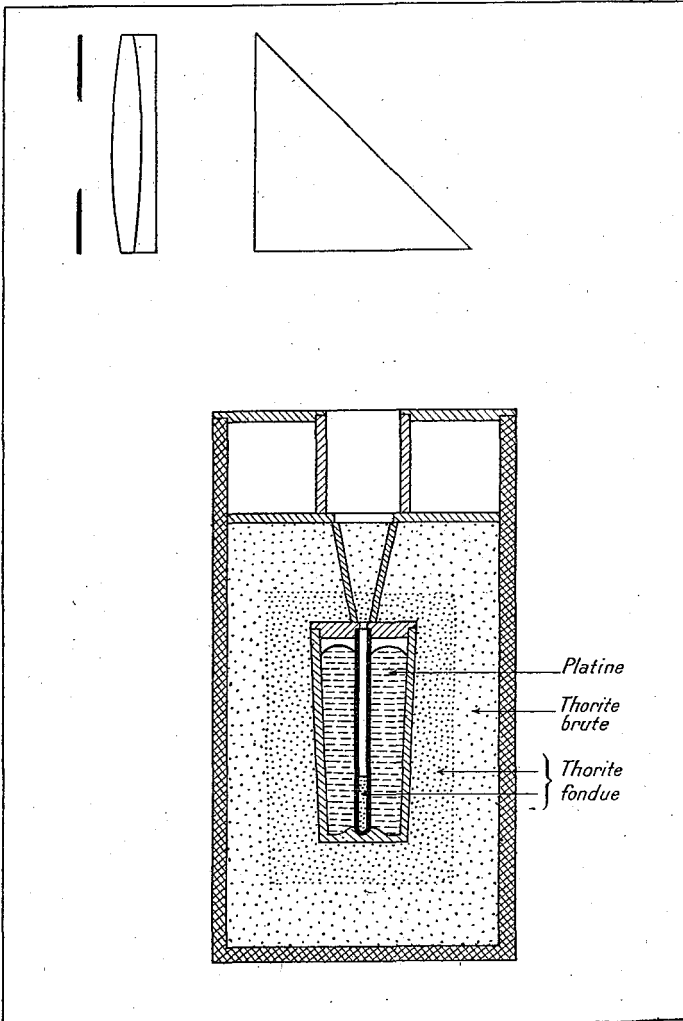


Fig. 4. — Représentation d'un radiateur intégral.

2. Le creuset contenant le platine, le creuset de couverture et le tube de visée immergé dans le platine doivent être faits d'une matière qui ne contamine pas le platine (*voir* Section III).

Un matériel recommandé est l'oxyde de thorium fondu, réduit en poudre assez fine pour qu'elle passe à travers un tamis ayant des mailles d'environ $0,15\text{mm}^2$. Un agglomérant convenable pour l'oxyde est une solution d'un gramme de chlorure de thorium dans 5 millimètres cubes d'eau. Pour moudre l'oxyde de thorium, il faut employer un moulin à bille d'acier, le fer introduit pendant cette opération étant enlevé ultérieurement par un traitement acide.

3. Le creuset doit être disposé pratiquement comme il est montré dans la figure 4; les dimensions doivent être les suivantes :

Diamètre intérieur du creuset, en haut.....	mm	mm
» » du creuset à la base.....	22	± 2
Ouverture intérieure du creuset.....	17	± 2
Diamètre intérieur du tube de visée.....	45	± 5
Diamètre intérieur du tube de visée.....	2,5	$\pm 0,2$
Épaisseur des parois du tube de visée, entre.....	0,25 et 0,50	

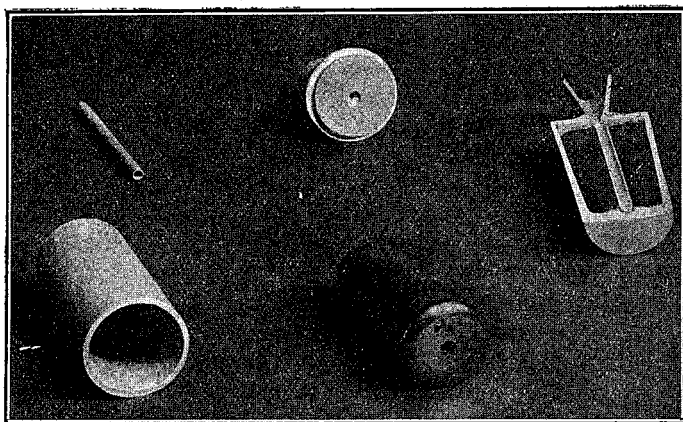


Fig. 5. — Détails de l'appareil représenté dans la figure précédente.

L'ouverture dans le couvercle du creuset doit avoir un diamètre plus petit d'au moins $0^{\text{mm}},8$ que le diamètre intérieur du

tube de visée. L'ouverture dans le couvercle du creuset, le tube de visée et le creuset, doivent être coaxiaux. Le tube de visée doit être rempli, à une profondeur de 10 à 15^{mm}, avec la matière dont sont construits le creuset et le tube de visée.

Le creuset doit être isolé thermiquement, et garni, tout autour, de la matière dont il est fait.

L'isolement avec l'oxyde de thorium fondu et réduit en poudre près du creuset est indiqué dans la figure 4. Il est avantageux, parce qu'il évite la contraction de la matière, et empêche le platine de s'écouler par les craquelures qui, en général, se produisent dans le creuset.

Les détails de l'appareil sont donnés dans la figure 5.

III. — PURETÉ DU PLATINE.

1. Le critérium pour la pureté du platine doit être le coefficient de température de sa résistance électrique.

2. Le platine employé doit être d'une pureté telle que le rapport de sa résistance électrique à 100° à sa résistance à 0° doit être au moins égal à 1,390.

3. Un examen doit être fait pour vérifier que la matière employée pour le creuset ne contamine pas le platine suffisamment pour réduire le coefficient de température au-dessous de la valeur indiquée.

IV. — MODE OPÉRATOIRE.

1. On n'emploiera que les observations faites pendant le passage du platine de l'état liquide à l'état solide.

2. Pendant la période précédant la solidification, l'énergie doit être fournie au four à induction, de telle sorte que l'uniformité de la température soit assurée dans le métal par l'effet de brassage qui se produit alors.

3. Pendant la solidification, l'apport d'énergie doit être contrôlé de manière à donner une intensité constante pendant une période d'au moins trois minutes.

V. — MÉTHODES PHOTOMÉTRIQUES.

1. Les appareils et les méthodes employés pour comparer l'intensité lumineuse de l'étalon primaire avec celle des étalon.

secondaires ne sont pas prescrits. Il est certain, cependant, que la mesure précise de la surface d'ouverture du radiateur est impraticable. En conséquence, une méthode devrait être employée qui dépende de l'éclat (intensité par unité de surface) plutôt que de l'intensité lumineuse du radiateur.

Note : *Méthode employée par le Bureau of Standards.*

Le procédé suivant a été employé au Bureau of Standards, et il est recommandé.

La figure 6 représente un diagramme de l'appareil. Le plan

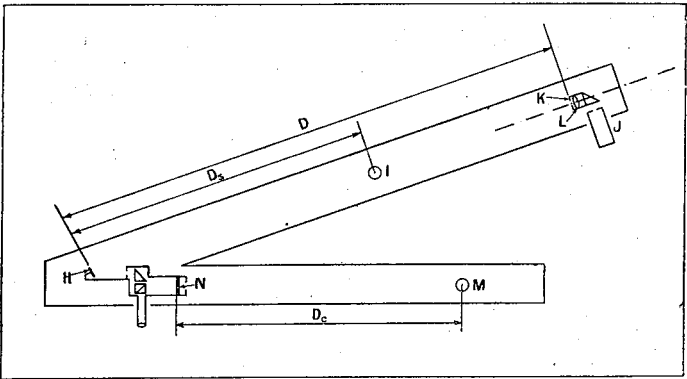


Fig. 6. — Représentation du procédé employé par le Bureau of Standards.

d'essai H de carbonate de magnésium est éclairé d'abord par la lumière de la lampe étalon I, et ensuite par la lumière du radiateur intégral immergé dans le platine à son point de solidification en J. La lentille L forme une image de l'ouverture du radiateur intégral sur le plan d'essai H. Le diaphragme en K sert à définir l'angle solide employé.

Le rapport R de l'éclairage tombant sur le plan d'essai dans les deux cas est déterminé en partant de D_c' et D_c , distances respectives de la lampe de comparaison M du plan N, dans lequel une association photométrique est obtenue, dans ces deux cas, par ce plan d'essai et le plan d'essai H.

La température correspondant à la couleur de la lampe de comparaison était ajustée de telle sorte qu'elle se trouvait approxi-

mativement dans la moyenne de celle de la lampe étalon et du radiateur intégral, pendant la solidification du platine.

L'éclat (nombre de bougies par centimètre carré) B, du radiateur intégral, et la valeur en bougies S de la lampe étalon sont liés par la relation

$$B = \frac{S}{AT} \left(\frac{D}{D_s} \right)^2 \left(\frac{D_{c'}}{D_{c''}} \right)^2,$$

où T est la transmission de la lentille et du prisme, et A l'ouverture du diaphragme en centimètres carrés.

La transmission de la lentille et du prisme employés au Bureau a été déterminée par deux méthodes. Dans la première méthode, une boîte lumineuse a été utilisée, et la transparence déterminée par les deux distances de la lampe de comparaison au plan d'essai translucide en N, si ce plan d'essai était combiné directement avec la boîte, et après avec la boîte, lorsque la lentille et le prisme étaient interposés. Dans ce travail, la température correspondant à la couleur de la lumière fournie par la boîte et celle de la lampe de comparaison ont été rendues égales à celle du radiateur intégral.

Dans la seconde méthode, un pyromètre optique, avec l'écran rouge enlevé, a été d'abord vu à travers la lentille et le prisme à l'intérieur du radiateur intégral J, pendant la solidification du platine. Le pyromètre optique était vu alors dans le corps noir pendant une solidification, la lentille et le prisme étant remplacés par un disque à secteur ayant à peu près la même transparence (déterminée par la méthode de la boîte). Deux autres disques à secteur étaient aussi employés, l'un donnant une transparence légèrement plus grande et l'autre légèrement plus petite que le premier. La variation du courant de la lampe pyrométrique avec la transmission a été alors déterminée, et utilisée pour mesurer la différence dans la transmission entre la combinaison prisme-lentille et le secteur de la valeur la plus voisine. On a trouvé que cette différence était seulement de 1 dix-millième dans le courant, et de 1/2000 dans la transmission.

Les résultats moyens obtenus par les deux méthodes sont pratiquement identiques, mais la méthode du pyromètre semble avoir de réels avantages sur l'autre.



NOTE

SUR LE

MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR LE DIRECTEUR DU BUREAU OF STANDARDS

SUR LES

UNITÉS ET LES MÉTHODES USITÉES

EN PHOTOMÉTRIE

Pour être communiquée au Comité consultatif d'Électricité,
près le Comité international des Poids et Mesures.

Le Comité exécutif du National Physical Laboratory fait remarquer que le Comité international des Poids et Mesures, lors de sa réunion de 1929, invita le Comité consultatif d'Électricité, dont les fonctions consistent à donner les conseils techniques nécessaires sur les unités et les étalons électriques, à s'occuper aussi de la photométrie. Le Comité exécutif du National Physical Laboratory n'a pas encore eu connaissance du programme de la réunion du Comité consultatif d'Électricité qui doit se tenir sous peu à Paris, mais il est sous l'impression qu'on discutera à cette réunion sur l'attitude à prendre au sujet de la photométrie. Les membres du Comité exécutif du N. P. L. désirent faire remarquer que les fonctions attribuées au Comité consultatif d'Électricité sont déjà importantes et ardues, et ils sont d'opinion qu'au cas où le Bureau international s'occuperait aussi de la photométrie, il serait nécessaire de former dans ce but un comité d'experts en photométrie. Cependant, leur impression actuelle est que les liens qui existent déjà entre les laboratoires nationaux et la Commission internationale de l'Éclairage suffisent amplement aux besoins actuels.

Les membres du Comité exécutif du N. P. L. ont pris connaissance du Mémoire du Directeur du Bureau of Standards sur les unités et les méthodes de la photométrie, et ils s'accordent à

penser que ce Mémoire constituera un utile point de départ pour les discussions entre experts en photométrie sur les importantes questions techniques dont il y a lieu de s'occuper.

Ces questions sont les suivantes :

- a. Étalon primaire de lumière;
- b. Unités de lumière;
- c. Conservation des unités;
- d. Étalons pour les lumières de différentes couleurs.

Les membres du Comité exécutif sont d'accord avec le Directeur du Bureau of Standards sur presque toutes les questions concernant la technique des unités de lumière; il est pourtant désirable d'attirer l'attention sur certains points qui semblent devoir donner lieu à une discussion particulière.

a. Étalon primaire de lumière. — La proposition d'adopter dans un avenir plus ou moins rapproché comme étalon primaire de lumière un corps noir rayonnant, sur lequel les mesures devront être faites selon un procédé fixé d'avance, a déjà reçu l'approbation formelle de la Commission internationale de l'Éclairage, et le National Physical Laboratory est en tout point d'accord sur cela. Le National Physical Laboratory approuve aussi que soit étudiée avec soin la possibilité de se servir du point de fusion du platine pur comme base de la température du corps noir rayonnant, et il s'accorde à penser qu'il est souhaitable que les expériences faites dans ce but soient poursuivies. Pourtant le Laboratoire ne peut dès à présent, sans tenir compte des autres méthodes par lesquelles l'étalon peut être réalisé, donner son appui à aucune proposition définie pour l'adoption du point de platine, obtenu par une méthode fixée au préalable, pour cet étalon. Il est souhaitable que des expériences soient faites dans plusieurs laboratoires, et, si possible, par plus d'une méthode, avant de prendre une décision irrévocable. La possibilité de se servir de points de fusion autres que celui du platine, correspondant à des températures plus rapprochées de celles des lampes aujourd'hui en usage courant, devrait être aussi soigneusement étudiée.

b. Unités de lumière. — Le National Physical Laboratory est aussi d'avis que, en attendant qu'un étalon primaire tel que celui dont il est parlé plus haut soit définitivement adopté, il est

préférable de continuer à se servir de la « bougie internationale », telle qu'elle est actuellement en usage dans beaucoup de laboratoires nationaux. Il est à souhaiter que les laboratoires qui ne s'en sont pas servi jusqu'ici consentent à l'adopter.

c. Conservation des unités. — D'une façon générale, le National Physical Laboratory est d'accord sur ce qui est proposé dans le Mémoire pour les comparaisons des lampes entre elles à l'avenir, et espère voir définitivement arrêter un plan d'échange des étalons secondaires entre les laboratoires nationaux, dans le but de maintenir l'uniformité ininterrompue de l'unité en usage.

d. Étalons pour les différentes couleurs de lumière. — Le National Physical Laboratory est d'accord avec les opinions émises. Il souhaite que les résultats de mesures récentes sur la transmission des filtres colorés, faites dans divers laboratoires nationaux sur la demande de la Commission internationale de l'Éclairage, soient publiés avant longtemps.

LE

ROLE DU COMITÉ

ET DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

VIS-A-VIS DES ÉTALONS PHOTOMÉTRIQUES;

Par M. R. JOUAUST.

Bougie internationale.

1^o Depuis 1909, époque à laquelle les laboratoires nationaux d'Angleterre, des États-Unis et de France réalisèrent, sous le nom de *bougie internationale*, l'unification de leurs étalons d'intensité lumineuse, la valeur de cet étalon est conservée dans ces établissements au moyen de groupes de lampes à filament de carbone fonctionnant à la température de coloration de 2080° K. Nous ignorons comment la Physikalisch-Technische Reichsanstalt conserve l'Hefner.

Depuis cette époque, les lampes à filament de carbone ont cessé d'être employées pour l'éclairage, et les établissements ci-dessus mentionnés fournissent à l'industrie des étalons à filament de tungstène ($\theta = 2360^{\circ}$ K.) étalonnés en partant des lampes à filament de carbone.

Or, depuis 1909, une seule comparaison de la bougie internationale au moyen de lampes à filament de carbone a été effectuée, en 1927, entre les trois laboratoires. Cette comparaison faite par des lampes provenant du Bureau of Standards dont il fallait déterminer, en les faisant tourner, l'intensité moyenne sphérique, était effectuée dans de mauvaises conditions. On ignore donc avec quelle précision les trois laboratoires ont maintenu la valeur de leur unité primaire.

D'autre part, la création des étalons à filament de tungstène a

posé le problème de la photométrie hétérochrome, qui a été résolu de façon différente dans les divers établissements.

Il en est résulté des divergences dont l'industrie de la fabrication des lampes a eu à souffrir.

Il est donc nécessaire

1^o D'organiser systématiquement des comparaisons d'étalons primaires;

2^o D'imposer une méthode unique pour passer de la lampe à filament de carbone à la lampe à filament de tungstène.

Pour la solution du premier point, il est nécessaire qu'un établissement prenne en mains l'organisation des comparaisons internationales, ce qui semble bien rentrer dans les attributions du Bureau international des Poids et Mesures.

Pour le deuxième point, il semble qu'à la suite de conférences tenues par les chefs des services de photométrie des laboratoires et de travaux effectués en commun, on soit sur le point d'aboutir à une méthode uniforme pour passer de la lampe à filament de carbone à la lampe à filament de tungstène.

Mais ce procédé nécessite la détermination du facteur de transmission de filtres colorés, détermination qui conduit à des résultats un peu différents suivant les laboratoires.

Il serait nécessaire qu'un seul établissement déterminât ces coefficients de transmission, et c'est un rôle qui conviendrait au Bureau international des Poids et Mesures.

Étalon primaire. — Le procédé de conservation de l'étalon primaire employé à l'heure actuelle est essentiellement périssable. Il serait nécessaire, comme l'a décidé la Commission internationale de l'Éclairage à sa session de Genève, d'utiliser un étalon primaire basé sur les propriétés du corps noir.

En divers pays, Allemagne, Angleterre, Etats-Unis, France, Japon, des recherches sont poursuivies à ce sujet, très souvent avec des subventions fournies par les Comités nationaux d'Éclairage. Lorsque les divers expérimentateurs auront terminé leurs travaux, il sera naturel qu'ils exposent à la Commission internationale de l'Éclairage les résultats de ces travaux, et tous les membres de cette Commission seront à même d'exposer leurs remarques et leurs critiques sur les solutions proposées.

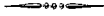
Mais la Commission internationale de l'Éclairage manquerait

de l'autorité nécessaire pour imposer l'emploi de telle ou telle solution.

Au contraire, le Comité international des Poids et Mesures possède cette autorité; il pourra choisir la nature de l'étalon primaire et fixer les spécifications nécessaires, ce qu'il ne fera du reste qu'en tenant compte des diverses observations qui auraient pu être faites devant la Commission de l'Éclairage.

Il est bien entendu au surplus qu'en prenant cette décision, le Comité international des Poids et Mesures ne fera qu'entériner les conclusions d'un Comité consultatif qu'il aura constitué à ce sujet, et qui comprendra non pas des gaziers ou des électriciens mais des spécialistes des questions de photométrie.

C'est uniquement sur ces points que le Comité international des Poids et Mesures a envisagé la question des étalons photométriques.



NOTE

SUR LA

SITUATION ACTUELLE DE L'ÉTALON DE LUMIÈRE.

Communiquée par le Comité consultatif
du National Physical Laboratory.

L'unité photométrique fondamentale est la bougie internationale, dérivant elle-même de l'unité de flux, c'est-à-dire du lumen. A l'époque présente, les Etats-Unis d'Amérique, la France et la Grande-Bretagne ont consenti à employer la même unité, et cette décision, originairement prise en 1909, par l'accord entre les laboratoires nationaux, fut ratifiée par la Commission internationale de l'Éclairage en 1921. L'unité employée en Allemagne est la bougie Hefner, dont la valeur est égale aux $9/10$ de la bougie internationale. Quoique diverses propositions aient été faites à des époques différentes pour l'établissement de l'unité d'intensité lumineuse sur une base fondamentale fixe, on n'a pas réalisé de moyens pratiques pour rendre la chose faisable, et l'unité est conservée à présent au moyen de séries de lampes à incandescence déposées dans les laboratoires nationaux. De temps en temps, des séries de lampes à filament incandescent sont échangées entre ces laboratoires pour s'assurer que les unités employées dans les différents pays sont aussi égales que possible.

En 1924, une comparaison a été faite avec le Bureau of Standards à deux rendements. Pour un filament de la température correspondant à celle d'une lampe au carbone employée pour l'établissement de l'unité d'origine, la concordance était très étroite, disons meilleure que 0,1 pour 100. Avec le filament travaillant à plus haute température, correspondant de plus près au rendement de la lampe à vide ordinaire, les différences atteignaient environ 0,5 pour 100.

En 1926, une comparaison a été faite avec la P. T. R. A la

couleur de la lampe au carbone, la relation des unités P. T. R./N. P. L. a été trouvée égale à 0,891, nombre comparé avec la valeur 0,8986 obtenue dans des comparaisons plus anciennes, en 1912 et 1913, et avec la valeur 0,900 dont on était convenu en 1909. A un rendement de 1,5 watt par bougie horizontale moyenne, le rapport des unités P. T. R./N. P. L. a été trouvé, en 1926, égal à 0,871. Il y a donc une discordance sérieuse, de plus de 3 pour 100.

En 1924, des comparaisons ont été faites avec le Laboratoire central d'Électricité au plus faible rendement. Ces comparaisons ont montré une concordance très bonne, bien que les mesures aient été exécutées seulement sur quatre lampes, et le degré de précision était moindre dans cette comparaison que dans les autres.

On peut dire, par conséquent, que, maintenant, tous les laboratoires ont une concordance satisfaisante au rendement plus faible, auquel l'unité a été originairement établie. Au plus haut rendement d'environ 1,5 watt par bougie (lampe à filament de tungstène), il y a une bonne concordance entre le N. P. L. et le Bureau of Standards, mais une discordance de plus de 3 pour 100 avec la P. T. R.

Il reste naturellement un peu de doute sur les méthodes employées pour obtenir l'égalité de couleur entre les deux rendements, parce que les méthodes ne sont pas les mêmes dans les différents laboratoires. En conséquence, il fut convenu, en 1927, d'essayer les différentes méthodes possibles d'égaliser la différence de couleur, et, dans ce but, de mesurer les facteurs de transmission de certains verres bleus, dans chacun des quatre laboratoires. Un rapport complet sur ce travail n'a pas encore été préparé, comme aussi les résultats ne sont pas encore obtenus au Laboratoire central, qui était le dernier laboratoire à recevoir les verres pour la mesure. Il y a, par contre, une très bonne concordance entre les trois autres laboratoires, spécialement dans l'emploi des méthodes spectro-photométriques. A la réunion de la Commission internationale de l'Éclairage, en 1928, on s'est mis d'accord, provisoirement, pour adopter la méthode spectro-photométrique, en employant des tables de valeurs pour la sensibilité de l'œil, pour différentes longueurs d'onde, comme l'a fait la Commission en 1921.

La table annexe donne une idée générale des résultats obtenus par l'intercomparaison des lampes entre les divers laboratoires.

Comparaisons des couleurs des lampes
au carbone, 4 watts par bougie horizontale.

	(1).	(2).	(3).	(4).	(5).
Rapports admis.					
Époque de la comparaison .	1900	1906	1908	1912-13	1924-26
Bureau of Standards/N. P. L.	1,0000	1,0166	1,0157	—	0,9997
Laboratoire central/N. P. L.	1,0000	0,9979	1,0081	1,0067	1,0029
Reichsanstalt/N. P. L.....	0,9000	0,8935	0,8961	0,8986	0,8910

Comparaisons de la lampe
au tungstène,
4,5 watt par bougie horizontale.

	(6).	(7).
Époque de la comparaison.....	1912-13	1924-26
Bureau of Standards/N. P. L.....	1,0033	1,0045
Laboratoire central/N. P. L.....	1,0018	—
Reichsanstalt/N. P. L.....	0,9001	0,8712

Étalon primaire. — Le travail est maintenant commencé de l'établissement de l'étalon de lumière basé sur l'emploi du corps noir au point de fusion du platine. On se propose de poursuivre le travail dans deux directions :

1° La mesure de l'éclat d'un corps noir semblable à celui décrit par le Bureau of Standards, employant le même arrangement et les creusets et tubes, qui sont maintenant en possession du Département de Physique du N. P. L.

2° En même temps que les précédentes, des mesures seront faites sur l'état du four à tube à vide, maintenu au point de fusion du platine; mais le degré de précision auquel le four peut être conservé à cette température n'est pas connu actuellement.

QUELQUES PROBLÈMES ACTUELS
DE
LA PHOTOMÉTRIE MODERNE

AU POINT DE VUE
DE LA CONCORDANCE DES MESURES INTERNATIONALES;

Par MM. M.-A. CHATELAIN et P.-M. TIKHODÉEV.

Introduction. — Le domaine des mesures photométriques précises, plus que tout autre domaine des mesures, doit observer cette règle fondamentale de la métrologie : ne pas négliger même les moins importantes des conditions qui peuvent augmenter la précision des mesures. Ce domaine a encore cette autre particularité, qu'il est lié par toute une série de conventions d'un caractère arbitraire. C'est pour cette raison que nous croyons désirable de présenter au Comité consultatif d'Électricité, au moment où il procède à l'étude de la question des unités de lumière, quelques considérations de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S. sur ce sujet.

I. — L'ÉTALON FONDAMENTAL DE LUMIÈRE.

L'étalon fondamental de lumière, dans la plupart des pays, consiste en lampes électriques à incandescence, et seulement dans quelques-uns d'entre eux en des sources de lumière à flamme. Ni les unes ni les autres ne sont estimées comme les meilleures possibles, et, pendant plusieurs années, de grands efforts ont été dirigés vers la recherche d'un étalon fondamental qui pourrait satisfaire entièrement à toutes les exigences de la métrologie. La Commission internationale de l'Éclairage a proposé d'adopter le corps noir, et précisément, sa brillance dans les conditions déterminées. On est maintenant en face de la proposition de

regarder comme le point de référence sa brillance à la température de solidification du platine.

Des travaux de la *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* et du *Bureau of Standards* conduisent à reconnaître qu'une pareille proposition est tout à fait admissible, puisqu'elle garantit la reproduction assez précise de l'unité de brillance (ou d'autres unités de lumière), dans des conditions physiques tout à fait définies et reproductibles, et en pleine connaissance de ses propriétés spectrales et énergétiques. Ainsi un pareil étalon satisfait à toutes les exigences universellement reconnues de la métrologie.

Mais cet étalon, est-il tout à fait satisfaisant au point de vue de la photométrie elle-même? A cette question il est difficile de répondre affirmativement. En effet, il serait tout naturel d'attendre de l'étalon fondamental un spectre, qu'on pourrait estimer comme étant le plus précieux sous le rapport de ses applications les plus larges possibles, et comme universel. Comme un pareil spectre, il faudrait regarder le spectre diurne, c'est-à-dire ayant une répartition uniforme de l'énergie. En effet, puisque les unités de lumière sont liées à la sensibilité de l'œil aux diverses radiations, il est tout naturel d'exiger de l'étalon fondamental de lumière qu'il permette d'estimer, au degré égal, la sensibilité de l'œil pour les diverses portions du spectre.

Au contraire, l'étalon qui donne la distribution de l'énergie dans le spectre correspondant à celui du corps noir, à la température de solidification du platine, n'a aucune importance métrologique ou pratique; il n'aurait qu'un intérêt historique.

En outre, il faut reconnaître que la réalisation d'un étalon de lumière du jour, eu égard à la précision exigée, présente encore des difficultés considérables, bien que les travaux du *Bureau of Standards* dans cette direction aient remporté de très grands succès. C'est pourquoi on considère l'étalon de lumière du jour comme un idéal vers lequel doivent être dirigés tous nos efforts. Tant qu'il n'est pas encore réalisé, il est tout naturel d'adopter un étalon moins parfait, mais qu'on pourrait reproduire pratiquement, par exemple, le corps noir ou radiateur intégral à la température de solidification du platine, recommandé par le *Bureau of Standards*, comme étant plus parfait que les lampes électriques où les étalons à flamme.

TABLEAU I (1).

A. — *Rapports entre les unités de l'intensité lumineuse de l'U. R. S. S. et des autres pays.*

	Nombre de lampes.	Valeur de la bougie internationale.				La bougie allemande de Hefner.
		U. R. S. S.	Angleterre.	France.	U. S. A.	
Étalon fondamental (2); 1925.....	12	1,0000	0,9946	1,0054	—	—
Étalon fondamental (2); 1927.....	12	1,0000	0,9955	1,0046	—	—
Étalon-témoin C-I (2) (1-15); 1927.....	15	1,0000	0,9951	—	—	—
Id., 1928.....	15	1,0000	0,9952	—	—	—
Étalon-témoin C-I (2) (16-30).....	15	1,0000	0,9970	—	—	—
Lampes à filament de tungstène dans le vide de l'étalon-témoin C-II (1-6); 1927.	6	1,0000	—	—	1,0014	—
Lampes à filament de carbone de l'étalon-témoin C-II (7-12); 1927.....	6	1,0000	—	—	0,9939	—
Lampes à filament de tungstène dans le vide de l'étalon-témoin C-III (11-18); 1928.....	8	1,0000	—	1,0101	—	—
Lampes à filament de carbone de l'étalon-témoin C-III (1-10); 1928.....	10	1,0000	—	1,0202	—	—

(1) Le tableau renferme toutes les comparaisons internationales effectuées, jusqu'à présent, par la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S.

(2) Lampes à filament de tungstène dans le vide.

A. — *Rapports entre les unités de l'intensité lumineuse de l'U. R. S. S. et des autres pays (suite).*

	Nombre de lampes.	Valeur de la bougie internationale.				La bougie allemande de Hefner.
		U. R. S. S.	Angleterre.	France.	U. S. A.	
Lampes à filament de tungstène dans le vide de l'étalon-témoin C-III (11-17); 1928.....	7	1,0000	-	-	-	0,880
Lampes à filament de tungstène dans le vide de l'étalon-témoin C-III (11-21); 1928.....	11	1,0000	-	0,9998	-	-
Lampes à filament de tungstène dans le vide III-3, D-11, D-12; 1928 ⁽¹⁾	3	1,0000	-	-	1,0064	-
Lampes à filament de carbone envoyées par le Bureau of Standards (U. S. A.), 1930.	6	1,0000	-	-	0,9943	-

B. — *Rapports entre les unités du lumen de l'U. R. S. S. et des autres pays.*

	Nombre de lampes.	Valeur du lumen.				Lumen allemand de Hefner.
		U. R. S. S.	Angleterre.	France.	U. S. A.	
Lampes à vide de l'étalon-témoin CP-I (1-5); 1928.....	5	1,0000	(¹) 0,9988	-	-	-
Lampes à atmosphère gazeuse de l'étalon-témoin CP-I (6-10); 1928.....	5	1,0000	(²) 0,9834	-	-	-

(¹) Données préliminaires.

(²) Comparaison indirecte.

B. — *Rapports entre les unités du lumen de l'U. R. S. S. et des autres pays (suite).*

	Nombre de lampes.	Valeur de lumen.			U.S.A.	Lumen allemand de Hefner.
		U. R. S. S.	Angleterre.	France.		
Lampes à filament de tungstène dans le vide de l'étalon-témoin CP-II (1-5); 1928.....	5	1,0000	-	-	(¹) 0,9997	-
Lampes à atmosphère gazeuse de l'étalon-témoin CP-II (6-12); 1928.....	7	1,0000	-	-	(¹) 1,0276	-
Lampes à vide de l'étalon-témoin Pb-2 (16); 1928.....	6	1,0000	-	0,9162	-	0,8732.
Lampes à vide D-11 et D-12; 1928-1929....	2	1,0000	-	-	0,9786	-

II. — CONCORDANCE INTERNATIONALE DES MESURES PHOTOMÉTRIQUES.

Tout en reconnaissant la grande importance de la concordance des mesures photométriques internationales, la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S. a entrepris durant les cinq dernières années quelques comparaisons des unités d'intensité lumineuse et de flux lumineux avec les unités analogues de divers pays.

Dans le tableau I, on a donné les résultats des comparaisons effectuées jusqu'à présent. Dans le supplément I, on aura des renseignements plus détaillés sur quelques-unes de ces comparaisons. D'après ces travaux, on peut noter les considérations suivantes.

La concordance des comparaisons internationales des unités d'intensité lumineuse et particulièrement celles du flux lumineux

(¹) Comparaison indirecte.

est de beaucoup inférieure à la précision des mesures photométriques atteinte dans plusieurs laboratoires métrologiques, comme précision de travail. Cela nous amène à la conclusion qu'il est très désirable d'établir d'un commun accord quelques conditions des mesures photométriques, en particulier les suivantes :

a. L'emploi des lampes électriques pour lesquelles la relation entre l'éclairement et la distance est bien connue ⁽¹⁾, ou l'emploi des lampes électriques comme étalons d'éclairement. En particulier, eu égard au rapport des étalons fondamentaux de la bougie internationale de la France, de l'Angleterre et de l'Amérique, il est désirable de préciser s'ils la représentent en réalité ou s'ils représentent l'unité d'éclairement.

b. *Passage de l'unité d'intensité lumineuse à l'unité du flux lumineux.* — La relation entre l'unité d'intensité lumineuse et celle du flux lumineux n'étant pas la même dans les différents pays (cette différence peut être expliquée dans une certaine mesure par une erreur commise dans le passage d'une unité à l'autre), il est désirable d'échanger des renseignements sur la méthode employée pour ce passage dans divers laboratoires nationaux. Dans les Annexes II et III, on a donné quelques renseignements sur l'établissement de l'étalon du lumen de l'U. R. S. S.

c. *L'écran photométrique blanc* est un élément tout à fait indispensable dans les mesures actuelles de l'appareil photométrique. On emploie souvent dans ce but du plâtre; cependant on peut douter qu'on puisse obtenir le plâtre tout à fait homogène quant à son pouvoir de réflexion spectrale. En même temps le plâtre n'est pas privé de la propriété de réflexion sélective. La Chambre centrale ne cesse de faire des recherches de pigments plus appropriés à ce but; ces recherches ne sont pas encore achevées. La Chambre centrale emploie les écrans de sulfate de baryum comprimé. Ce matériau semble présenter plus de précision dans ses propriétés photométriques et plus de stabilité avec le temps, mais il n'est pas exempt de réflexion sélective.

⁽¹⁾ Voir la description de la lampe proposée par la Chambre centrale de l'U. R. S. S. *Les étalons électriques et les étalons de lumière de l'U. R. S. S.* n° 60.

Il serait aussi désirable d'arriver à un accord à propos du matériau des écrans photométriques.

d. Conditions des observations photométriques. — Les propriétés de l'œil en ce qui concerne la perception lumineuse dépendent autant de diverses variations dans le champ de vision en général et dans le champ du photomètre en particulier, que, pour avoir les résultats des mesures photométriques précis et sûrs, il faut choisir et établir la méthode constante d'obtenir la plage de comparaison du photomètre, et son caractère invariable. Il serait désirable d'arriver à un accord à propos de la plage de comparaison du photomètre. Quelques considérations de la Chambre centrale à ce propos sont exposées dans le supplément IV.

e. Lampes-étalons. — Si l'emploi des lampes électriques comme étalons fondamentaux peut cesser très prochainement, leur importance comme étalons secondaires, très commodes et sûrs, doit durer encore un certain temps, autant qu'on puisse le prévoir. Les comparaisons internationales des unités de lumière sont faites le plus commodément à l'aide des lampes électriques. La précision et la sûreté de pareilles comparaisons dépendent beaucoup des qualités des lampes.

La Chambre centrale des Poids et Mesures a eu plus d'une occasion de se convaincre qu'au moins quelques lampes reçues des laboratoires nationaux des autres pays ne correspondaient pas à leur destination, par leur construction et leurs qualités, ce qui, en fin de compte, revenait à la réduction de la précision des comparaisons. Aussi il paraît désirable d'établir une spécification pour les lampes électriques étalons. Elle pourrait contenir des indications sur la construction des lampes, sur leur utilité et leur bonne qualité, aussi bien que des règles sur le mode de leur emploi et de leur conservation.

L'opinion de la Chambre centrale sur ce sujet est exposée dans la brochure : *Les étalons électriques et les étalons de lumière de l'U. R. S. S.*

f. Comparaisons fondamentales d'étalons de lumière de différents pays. — Étant à la veille de l'établissement d'un nouvel étalon de lumière, les laboratoires nationaux de divers pays, y compris la Chambre centrale, sont intéressés à la déter-

mination la plus précise de la bougie internationale et de la bougie de Hefner. Il serait à propos, dans un avenir rapproché, d'effectuer la nouvelle série des comparaisons coordonnées par le Bureau international des Poids et Mesures. Ce travail serait le plus fertile, s'il était accompli dans un seul laboratoire où les représentants des autres laboratoires nationaux intéressés apporteraient les copies principales de leurs étalons de lumière et prendraient part à ce travail. Il serait désirable, de même, que le Comité consultatif d'Électricité délibère dans la session courante sur le programme des comparaisons indiquées plus haut.

De son côté la Chambre centrale des Poids et Mesures pourrait proposer le programme exposé au supplément V.

III. — MESURE DE SOURCES LUMINEUSES POSSÉDANT UN SPECTRE DIFFÉRENT.


On estime peut-être, à juste titre, que les mesures des sources lumineuses avec un spectre différent représentent le problème le plus important dans le domaine des mesures photométriques. Pour ne pas entrer dans la considération de toutes les questions qui s'y rapportent, nous nous bornerons à dire qu'on étudie pour le moment, à la Chambre centrale, la méthode de mesures qui réduit la photométrie des sources hétérochromes aux mesures des sources monochromes. On peut aussi employer la méthode où, avec des spectres (théoriquement) voulus de sources lumineuses à comparer, la couleur des plages de comparaison du photomètre peut rester toujours la même, ce qui donne une entière certitude et une constance aux conditions des mesures photométriques.

La nouvelle méthode de mesures photométriques se réduit à une décomposition du spectre de la source lumineuse donnée et à une substitution du spectre de deux (ou de plusieurs) autres sources lumineuses, qui peuvent toutes donner le spectre de la même couleur que la première source.

Ainsi le spectre de l'étalon de lumière se décompose en deux parties. En les combinant dans diverses proportions on peut obtenir le spectre théoriquement voulu et ayant la même couleur que le spectre de la source lumineuse à comparer. L'étude des résultats des applications pratiques de cette méthode n'étant pas encore achevée, il est prématuré d'en donner une appréciation complète. Mais l'idée semble digne d'attention. Dans le supplément VI on a donné quelques détails relatifs à cette question.

CONCLUSION.

Les considérations de la Chambre centrale ci-dessus exposées amènent à la conclusion que le Comité consultatif d'Électricité devra tout d'abord organiser les comparaisons internationales des étalons de lumière des différents pays, et étudier en détail les problèmes qui en résultent et qui sont abordés ci-dessus partiellement par la Chambre centrale.



COMPARAISON
DES
UNITÉS D'INTENSITÉ DE LUMIÈRE
ET DE
FLUX LUMINEUX DE L'U. R. S. S.
AVEC CEUX DE L'ALLEMAGNE ET DE LA FRANCE
(*Annexe I*);

Par M. P.-M. TIKHODÉEV.

On n'a pas réalisé, jusqu'au dernier moment, la comparaison des unités d'intensité lumineuse et de flux lumineux de l'U. R. S. S. et de l'Allemagne; de même la comparaison des unités de flux lumineux de l'U. R. S. S. et de la France. Quant à la comparaison des unités d'intensité lumineuse de l'U. R. S. S. et de la France, elle a déjà été faite ⁽¹⁾. Cependant il fallait la préciser, puisqu'un groupe de lampes étalonnées reproduisant la valeur française de la bougie internationale (troisième étalon-témoin C-III₂) a subi des chocs considérables pendant le transport de France en U. R. S. S., et ses indications sont devenues moins certaines.

Dans le but de réaliser toutes ces comparaisons, la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S. a fait expédier à la fin de l'année 1928, d'abord en Allemagne et puis en France, deux groupes de lampes électriques à incandescence. Le premier groupe de 8 lampes à vide à filament de tungstène composant une partie du troisième étalon-témoin (avec les marques de C-III-11 à C-III-18) fut comparé, au mois de janvier 1928, à

⁽¹⁾ Voir P.-M. TIKHODÉEV, *Étalon de lumière de l'U. R. S. S.*, dans la brochure de la Chambre centrale : *Étalons électriques et étalons de lumière de l'U. R. S. S.*, n° 60, 1928.

l'étalon fondamental de la bougie internationale de l'U. R. S. S. L'autre groupe de 6 lampes à vide à filament de tungstène composant l'un des étalons-témoins du lumen (avec les marques de Pb-2-1 à Pb-2-6) fut comparé, au mois de juillet 1928, à l'étalon primaire du lumen de l'U. R. S. S.

Pour les comparaisons internationales liées au transport, à de grandes distances il serait préférable d'utiliser les lampes d'un modèle de la Chambre centrale, mécaniquement plus solides et moins sujettes aux variations dues aux chocs mécaniques. Cependant, à ce moment, la provision de pareilles lampes n'était pas suffisante.

Le second groupe de lampes Pb-2 a un filament attaché peu solidement aux crochets. Pour cette raison ces lampes sont moins assurées que celles du premier groupe contre de petits déplacements du filament, ce qui peut influencer d'une manière perceptible la constance des propriétés lumineuses.

Pour assurer les conditions les plus favorables du voyage, l'auteur devait transporter les lampes à la main. Elles étaient toujours sous sa surveillance, et ne subissaient d'autres secousses que des chocs inévitables du chemin de fer. L'emballage des lampes (épaisses couches d'ouate) les préservait des conséquences des chocs ainsi que du changement subit de la température (1). Néanmoins une des lampes a subi une détérioration mécanique (quand elle n'était pas sous notre surveillance), et n'a pu participer qu'à la moitié des expériences.

Il serait évidemment préférable d'augmenter le nombre de lampes pour la comparaison; ce nombre était limité par les conditions de transport.

A la fin de novembre et au commencement de décembre 1928 on a fait des comparaisons des lampes à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, et le 22 décembre au Laboratoire central d'Électricité.

Pour contrôler la stabilité des lampes on les a de nouveau comparées le 29 janvier 1929 au Laboratoire photométrique de la Chambre centrale des Poids et Mesures; puis, pour le groupe reproduisant le lumen, les comparaisons furent répétées le 14 février. On a comparé deux fois les lampes C-III-15 et C-III-18, parce que, pendant la première comparaison, l'intensité du cou-

(1) Les lampes ne doivent pas être exposées à la congélation ni à la rosée.

rant a manifesté de sensibles écarts par rapport aux résultats de 1928. Le groupe des lampes Pb-2 a manifesté une certaine variation du flux lumineux et a été comparé de nouveau. On a comparé le groupe des lampes C-III-2 aux lampes C-I de numéros 11 à 15 ainsi qu'aux lampes C-I-29 et C-I-30, et le groupe Pb-2 aux lampes de l'étalon primaire du lumen de P-I-6 à P-I-11, c'est-à-dire que les lampes furent comparées aux mêmes étalons qu'avant leur départ pour l'Allemagne et pour la France (1). Pendant l'intervalle entre deux comparaisons ces étalons C-I et P-I, restant dans l'U. R. S. S., étaient conservés au repos sans usage (2).

Les résultats des comparaisons sont donnés dans les tableaux I et II.

Les lampes C-III-19 et C-III-21 furent aimablement mises à la disposition de la Chambre centrale par le Laboratoire central d'Électricité et ne prirent part qu'à une partie des comparaisons.

Les résultats des comparaisons finales des lampes du groupe C-III-2 montrent que les lampes ne subirent aucun changement, ou ont varié seulement dans les limites de la précision des mesures photométriques. La lampe C-III-18 a montré des variations plus sensibles que les autres lampes dans l'intensité de la lumière et du courant, la lampe C-III-15 seulement dans l'intensité du courant. Mais, si l'on ne prend pas en considération les données de la première lampe, les résultats définitifs ne sont influencés que d'une quantité négligeable.

Quant au groupe Pb-2 les résultats de leurs comparaisons laissent supposer que les lampes ont subi des changements insignifiants. Néanmoins la variation obtenue 0,25 pour 100 se trouve à peu près dans les limites de la précision, limitée, comme il est indiqué plus haut, par la moindre stabilité des propriétés lumineuses de ces lampes. Il faudrait aussi remarquer que l'étude répétée de ces lampes à la Chambre centrale des Poids et Mesures a été exécutée sans que les lampes fussent soudées aux fils (comme cela eut lieu dans les mesures précédentes) afin qu'on pût s'approcher des conditions des mesures à la Physika-

(1) Voir les articles de P.-M. ТИХОДÉВ : 1° *Sur l'établissement d'étalons témoins de la bougie internationale de l'U. R. S. S.* (*Wremennik*, n° 3, p. 15) et 2° *Sur l'établissement de l'étalon du lumen de l'U. R. S. S.* (en préparation).

(2) On a constaté leur stabilité par les moyens usuels.

*Les valeurs de la bougie internationale de l'U. R. S. S. et de la France
comparés à la bougie de Hefner de l'Allemagne.*

Désignation des lampes.	Intensité lumineuse; bougies internationales 1929 (1).	Tension au socle de la lampe; volts.	Intensité du courant; ampères 1929.	Consom- mation spécifique; watts par bougie int. 1929.	Relation entre les unités d'intensité lumineuse.				Relation entre les intensités de courant			
					C. C.	P. T. R.	L. C. E.	C. C.	C. C.	P. T. R. (2).	L. C. E.	C. C.
					1928.	1928.	1928.	1929.	1928.	1928.	1928.	1929.
C-III-11.	51,26	107,000	0,64254	1,34	1,0000	0,8862	1,0011	1,0000	1,0000	0,9998	0,9998	1,0000
C-III-12.	50,48	107,000	0,64294	1,36	1,0000	0,8803	0,9984	0,9988	1,0000	0,9997	0,9983	0,9698
C-III-13.	49,59	106,000	0,63875	1,36	1,0000	0,8831	0,9964	0,9987	1,0000	1,0001	1,0007	0,9997
C-III-14.	51,05	107,500	0,64200	1,35	1,0000	0,8787	0,9968	0,9978	1,0000	0,9999	0,9984	1,0000
C-III-15.	20,11	105,500	0,28336	1,49	1,0000	0,8764	1,0037	1,0028	1,0000	0,9996	1,0006	0,9984
C-III-16.	(20,11) (3)	105,700 (2)	(0,28408) (3)	1,49 (3)	1,0000	0,8790	—	—	1,0000	0,9988	—	—
C-III-17.	20,47	106,700	0,28404	1,48	1,0000	0,8763	1,0018	0,9984	1,0000	0,9998	0,9992	0,9993
C-III-18.	19,98	105,300	0,28356	1,49	1,0000	0,8746	0,9982	1,0104	1,0000	0,9991	1,0001	0,9990
C-III-19.	20,16	102,500	0,32086	1,63	—	—	(0,9981)	(1,0000)	—	—	(1,0004)	(1,0000)
C-III-20.	20,24	102,500	0,32222	1,63	—	—	(1,0072)	(1,0000)	—	—	0,9993	(1,0000)
C-III-21.	20,19	102,700	0,32142	1,64	—	—	(0,9994)	(1,0000)	—	—	(0,9987)	(1,0000)
1. Moyennes.....					1,0000	0,8793	0,9996	1,0009	1,0000	0,9996	0,9995	0,9995
2. Moyennes corrigées.....					1,0004	0,8789	0,9991	1,0004	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3. Moyennes corrigées, sans compter la lampe C-III-18.....					0,9997	0,8803	1,0009	0,9997	0,9998	0,9999	0,9998	0,9998
4. Moyennes corrigées, les lampes 18, 19, 20 et 21 incluses.....					1,0003	—	0,9998	1,0003	—	—	0,9998	0,9998

(1) D'après les données de la Chambre centrale 1929. — (2) Corrigé pour les variations d'intensité de la lumière et de l'intensité de courant, c'est-à-dire rapporté à la moyenne arithmétique des mesures faites à la Chambre centrale en 1928 et 1929. — (3) D'après les données de la Chambre centrale 1928.

TABLEAU II.

Les valeurs du lumen de l'U. R. S. S., de la France et de l'Allemagne.

Désignation des lampes.	Flux lumineux lumens, 1929.	Tension; volts.	Intensité de courant; ampères. 1929.	Facteur d'efficacité; lumens par watt. 1929.	Relation entre les unités du flux lumineux				Relation entre les intensités de courant			
					C. C.	P. T. R.	L. C. E.	C. C.	C. C.	P. T. R.	L. C. E.	C. C.
					1928.	1928.	1928.	1928.	1928.	1928.	1928.	1928.
Pb-2-1...	408,8	107,000	0,50014	7,63	1,0000	0,8746	0,9177	1,0012	1,0000	0,9991	0,9972	0,9995
Pb-2-2...	407,3	107,000	0,49967	7,61	1,0000	0,8767	0,9200	1,0052	1,0000	1,0001	0,9981	0,9994
Pb-2-3...	405,5	107,000	0,49865	7,60	1,0000	0,8747	0,9285	1,0052	1,0000	1,0003	0,9985	0,9998
Pb-2-4...	409,8	107,000	0,49825	7,68	1,0000	0,8776	0,9198	1,0078	1,0000	1,0001	0,9968	0,9993
Pb-2-5...	405,7	107,000	0,49965	7,59	1,0000	0,8708	0,9112	1,0077	1,0000	0,9996	0,9959	0,9992
Pb-2-6...	409,8	107,000	0,49867	7,67	1,0000	0,8714	0,9067	0,9933	1,0000	1,0003	0,9983	1,0000
Moyennes.....					1,0000	0,8743	0,9173	1,0024	1,0000	0,9999	0,9975	0,9995
Moyennes corrigées (1).....					1,0012	0,8732	0,9162	1,0012	0,9998	1,0001	0,9977	0,9998

(1) Pour les variations du flux lumineux et de l'intensité du courant dans les lampes.

1
280

lisch-Technische Reichsanstalt et au Laboratoire central d'Électricité, où l'on a renoncé à la soudure. Sans doute, il serait plus prudent de tenir compte de variations trouvées de l'intensité de lumière et du flux lumineux de deux groupes, et, pour la détermination de la relation des unités, de prendre la valeur moyenne des premières et des dernières mesures exécutées à la Chambre centrale.

Comme on peut le voir, la relation entre les unités de l'intensité lumineuse et du flux lumineux de l'U. R. S. S., de la France et de l'Allemagne, fut déterminée par les présentes comparaisons avec la précision de $\pm 0,1$ pour 100 environ pour la bougie internationale et de $\pm 0,15$ pour 100 pour le lumen; une telle précision est tout à fait satisfaisante, dans l'état actuel des mesures photométriques internationales.

La valeur française de la bougie internationale trouvée d'après les lampes C-III-2 diffère de 0,5 pour 100 environ de celle trouvée auparavant d'après le groupe français des lampes de l'étalon fondamental. On peut constater aussi la différence entre les mesures de ces lampes faites actuellement au Laboratoire central d'Électricité et celles de 1927. Cependant, M. R. Jouaust pense que les mesures de 1928 sont les plus sûres : elles sont reliées directement à l'étalon fondamental de lumière de la France (1); les mesures précédentes pourraient être estimées comme ayant moins de précision.

L'une des causes possibles de la différence considérable entre les lumens de l'U. R. S. S. et de la France est attribuée à ce que l'étalon fondamental du lumen français est composé de lampes à atmosphère gazeuse; si l'on passe de ces lampes aux lampes à vide, la différence du spectre et la sensibilité individuelle des observateurs peuvent donner lieu à des différences dans les observations faites par ceux-ci. Le lumen de la France, reproduit par les lampes à atmosphère gazeuse, est très proche des lumens des États-Unis d'Amérique et de l'Angleterre; cependant, si l'on tient compte de la comparaison des lampes à vide, le lumen de la France diffère à peu près autant de ces derniers qu'il diffère du lumen de l'U. R. S. S.

D'autres comparaisons exécutées auparavant à la Chambre centrale des Poids et Mesures (2) mettent en évidence le fait

(1) Notamment, avec 11 lampes à filament de carbone de base de 20 lampes.

(2) Les renseignements sont incomplets, et peut-être inexacts.

TABLEAU III.

Conditions de mesures.	Chambre centrale des Poids et Mesures.	Physikalisch-Technische Reichsanstalt.	Laboratoire central d'Électricité.
<i>A. — Intensité de lumière.</i>			
1. Distance entre la lampe et le photo- mètre.	Distance à laquelle la lampe donne un éclaircissement de 15 lux environ.	Correspondant à l'éclaircissement de 3 à 10 lux.	Près de 1 ^m ,2.
2. Photomètre.	A contraste de Lummer et Brodhun. Le contraste inverse, les trapèzes sont plus clairs que le champ. Un faible champ de comparaison.	A contraste de Lummer et Brodhun, avec un grand champ de comparaison.	A contraste de Lummer et Brodhun. Un grand champ de comparaison.
3. Ajustement de cou- leurs des spectres des champs de comparai- son dans le photo- mètre.	Ne se fait pas; du côté des lampes de comparaison, il y a un filtre bleu cons- tant; sa transparence n'entre pas dans le calcul.	Du côté de la lampe de comparaison, il y a un filtre bleu variable, avec un coefficient de trans- mission connu.	Ne se fait pas, mais la lampe à mesurer est comparée à l'étalon intermédiaire ayant le même spectre que la lampe à mesurer. Pas de filtres.
4. Ecran.	De sulfate de baryum.	De plâtre.	De plâtre.
5. Nombre d'observa- teurs.	Deux (à deux lampes de comparaison).	Deux.	Un.
6. Durée de fonctionne- ment de la lampe pen- dant les observations.	12 minutes environ.	—	2 à 4 minutes.

TABLEAU III (suite).

Conditions de mesurés.	Chambre centrale des Poids et Mesures.	Physikalisch-Technische Reichsanstalt (1).	Laboratoire central d'Électricité.
B. — Flux lumineux.			
1. Outillage de mesure.	Photomètresphérique de 1 ^m de diamètre avec le banc photométrique de 0 ^m ,75 de longueur.	-	Photomètresphérique de 1 ^m de diamètre avec le banc photométrique de 3 ^m .
2. Photomètre.	A contraste de Lummer et Brodhun. Un grand champ de comparaison.	-	A contraste de Lummer et Brodhun. Un grand champ de comparaison.
3. Ajustement de couleurs des spectres des champs de comparaison dans le photomètre.	Ne se fait pas; du côté de la lampe de comparaison, il y a un écran bleu fixe.	-	Ne se fait pas.
4. Teinte de la sphère.	Sulfate de baryum.	Oxyde de zinc.	Oxyde de zinc.
5. Nombre d'observateurs.	Trois.	Deux.	Un.
6. Durée de l'éclaircissement de la lampe pendant les observations.	8 à 10 minutes.	-	2 à 4 minutes.

(1) Les résultats seront publiés prochainement.

que le lumen de l'U. R. S. S. est presque identique à celui des États-Unis d'Amérique et de l'Angleterre, ces comparaisons étant faites aussi bien avec les lampes à vide qu'avec celles à atmosphère gazeuse.

Le tableau III indique certaines conditions des mesures photométriques employées dans les différents laboratoires.

Les comparaisons indiquées plus haut ont été exécutées grâce à la prévenance exceptionnelle de M. le Dr W. Dziobek à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, de M. R. Jouaust et M. M. Wagnet au Laboratoire central d'Électricité. L'auteur se fait un devoir de leur exprimer sa reconnaissance la plus profonde.



ÉTABLISSEMENT

DE

L'ÉTALON PRIMAIRE DU LUMEN DE L'U. R. S. S.

SA COPIE PRINCIPALE (L'ÉTALON SECONDAIRE)

ET SES ÉTALONS-TÉMOINS

(*Annexe II*);

Par M. P.-M. TIKHODÉEV.

Résumé.

L'étalon fondamental de lumière de l'U. R. S. S. reproduit l'unité de l'intensité lumineuse, — la bougie internationale —, et en même temps l'unité d'éclairement, — le lux —, puisque la mesure de la bougie internationale est fondée sur un calcul d'après l'éclairement mesuré. C'est pourquoi on peut compter que l'étalon fondamental de lumière de l'U. R. S. S. reproduit aussi l'unité du flux lumineux, le lumen, puisque, l'éclairement étant connu, l'aire sur laquelle il est reproduit donne un certain flux lumineux. Cependant un pareil étalon du lumen est inutile pour l'usage de la métrologie pratique, son flux lumineux étant connu dans une seule direction et dans les limites d'un petit angle solide. Au contraire, il faut posséder comme étalon du lumen une source de lumière dont le flux lumineux, répandu dans toutes les directions, soit connu.

Le premier étalon du lumen de l'U. R. S. S. fut établi en 1926 au Laboratoire photométrique de la Chambre centrale des Poids et Mesures. Dans la suite l'auteur a imaginé des méthodes de mesure plus précises pour passer de l'unité de l'intensité lumineuse à l'unité du flux lumineux. Ainsi, plus tard, en juin 1928, fut établi un nouveau groupe de lampes électriques, qui représente l'étalon du lumen.

Le nouveau groupe donnant l'étalon primaire du lumen consiste en 12 lampes à vide, à filament de tungstène. Ces lampes ont été fabriquées par la Maison Philips, sur commande spéciale de la

Chambre centrale des Poids et Mesures. Elles ne peuvent satisfaire pleinement à toutes les exigences qu'on pourrait poser aux lampes-étalons; cependant, jusqu'ici, il n'y a pas eu possibilité d'obtenir des lampes plus perfectionnées. Préalablement les lampes ont été vieilles à 15 pour 100.

On a employé la méthode suivante pour passer de l'unité d'intensité lumineuse à l'unité de flux lumineux. La lampe étalonnée se trouve à l'intérieur d'une sphère creuse, dont la surface intérieure est absolument noire. Divisons la surface en série de zones par les plans perpendiculaires à l'axe de symétrie de la lampe. Mesurons ensuite l'éclairement moyen de chaque zone, ce pour quoi on doit faire un nombre de mesures en diverses régions de chaque zone. Le produit de l'éclairement moyen par l'aire de la zone sphérique donne le flux lumineux qui tombe sur la zone donnée. De cette manière, on peut calculer tout le flux lumineux tombé sur la sphère, et, par suite, déterminer le flux lumineux entier de la lampe étalonnée. Il faut remarquer ce fait évident que la disposition relative de la lampe dans la sphère n'a aucune influence sur les raisonnements. On a exécuté les mesures d'après le schéma suivant. La lampe-étalon, disposée sur le banc photométrique tournait sans cesse autour de son axe de symétrie (le premier axe de rotation). En disposant la lampe sous des angles divers par rapport au photomètre, l'axe de cette rotation (le second) étant perpendiculaire à l'axe de symétrie de la lampe et à la direction de l'intensité lumineuse à mesurer, on pouvait déterminer l'intensité lumineuse dans diverses directions. Le photomètre se trouvait à une distance constante du point d'intersection des deux axes de rotation et l'on mesurait l'éclairement par son moyen. Ce schéma est équivalent à la détermination de l'éclairement moyen dans les diverses zones d'une sphère absolument noire. Pour les mesures photométriques on faisait tourner l'axe de symétrie de la lampe de 5 en 5 degrés relativement à l'axe du banc photométrique. La construction du support n'a pas permis de mesurer l'éclairement du côté du culot de la lampe, c'est-à-dire sous des angles de 165° , 170° , 175° , 180° , 185° , 190° et 195° , pour certaines lampes aussi 160° et 200° . Pour mesurer avec précision le flux lumineux dans la direction de ces angles, un culot artificiel fut collé au sommet de l'ampoule d'une lampe de même construction que les lampes-étalons. Par ce culot artificiel, la lampe fut reliée au support, et le culot vrai restait ouvert. De cette manière on a pu mesurer avec précision la distri-

bution de la lumière autour du culot. Dans des lampes semblables elle fut mesurée pour la direction de 150° à 210° inclusivement.

Toutes les lampes-étalons ont été mesurées par rapport à leur flux lumineux (et à l'intensité du courant), dans la sphère photométrique avant et après les mesures faites sur le banc photométrique. Il fut constaté que bien que, pour chaque lampe, le flux lumineux éprouvât quelques variations, ces variations étaient en moyenne assez petites (0,15 pour 100). Naturellement, pendant la rotation de la lampe, le flux lumineux devient tout autre, en comparaison avec la lampe immobile.

On a fait pour chaque lampe des mesures séparées, ayant pour but d'établir jusqu'à quelles limites se produit la variation du flux lumineux quand on passe de l'état de repos à la rotation. Dans ce but, la lampe fut placée dans la sphère photométrique, et le flux lumineux fut mesuré aussi bien quand elle était immobile qu'au moment où elle tournait avec la même vitesse qu'elle avait pendant les mesures sur le banc photométrique. On répétait cette expérience deux fois pour chaque lampe. Il en résulta que le flux lumineux s'accroît en moyenne de 1,2 pour 100. Le coefficient correspondant de l'accroissement du flux lumineux pendant la rotation est introduit dans le calcul du flux lumineux pour la lampe immobile. L'intensité du courant dans la lampe en rotation s'accroissait, en moyenne, de 0,28 pour 100.

La distance de la lampe à mesurer à l'écran photométrique étant constante, il fallait faire varier la distance entre la lampe de comparaison et le photomètre. Pour éviter, dans le changement considérable de cette distance, des erreurs dues à l'écart de la loi des carrés des distances, on a employé une lampe de construction spéciale de la Chambre centrale, ayant une ampoule conique, grâce à laquelle les reflets des parois de l'ampoule sont absents de la lumière qui tombe de la lampe sur le photomètre. Le filament à incandescence est disposé dans un seul plan. On a appliqué aussi un écran opaque (avec une fenêtre) devant la lampe pour masquer toutes les parties superflues de l'ampoule. L'éclairement de la lampe de comparaison était calculé comme s'il provenait de dix sections rectilignes, de longueur également brillante. Il fut possible de calculer l'éclairement provenant de chaque section d'après la formule simplifiée suivante :

$$E \approx \frac{kBl}{L^2} \left(1 - \frac{l^2 + 12d^2}{8L^2} \right),$$

où E est l'éclairement; k , le coefficient de proportionnalité; B , la brillance de filament sur l'unité de longueur; l , la longueur de la section rectiligne du filament brillant; d , la distance du filament de l'axe photométrique; L , la distance à l'écran photométrique du plan des filaments.

Le calcul des corrections pour les écarts à la loi du carré de la distance, d'après la formule indiquée, a démontré que pour toutes les mesures avec une lampe-étalon, auxquels la distance entre la lampe de comparaison et l'écran photométrique varie dans les limites de $0^m,65$ à $2^m,2$, la correction totale est de $0,60$ pour 100 en moyenne. D'autre part, la lampe de comparaison était comparée à l'étalon secondaire de la bougie internationale à la distance de $0^m,75$ environ, qui exige une correction de $0,55$ pour 100 . En outre, la distance entre l'étalon secondaire et l'écran photométrique étant de $1^m,4$ environ, et lors de la comparaison avec l'étalon fondamental la même distance étant de $1^m,6$, cette circonstance exige la correction additionnelle de $0,02$ pour 100 environ. Ainsi la correction définitive pour une lampe de comparaison est de

$$-0,60 + 0,55 + 0,026 = -0,024 \text{ pour } 100.$$

Du côté de la lampe de comparaison on a employé l'écran bleu, consistant en sulfate de baryum mélangé d'indigo, dans le but d'égaliser les couleurs de la lampe à mesurer et celle de comparaison.

Du côté de la lampe-étalon, on a employé l'écran photométrique de sulfate de baryum.

On a mesuré l'éclairement de la lampe sur la surface sphérique pour tous les 5 degrés. L'éclairement mesuré était moyen pour la zone sphérique. On admettait que les limites des zones sphériques divisaient en deux les angles solides, enfermés entre les directions de mesure voisines. La valeur de l'angle solide, continu à la direction donnée de mesure α , est déterminée par

$$\omega_{\alpha} = \left[\frac{\cos(\alpha - 5^{\circ}) - \cos \alpha}{2} + \frac{\cos \alpha - \cos(\alpha + 5^{\circ})}{2} \right] 2\pi \text{ stéradian.}$$

Le produit de l'éclairement par l'angle solide (coefficient angulaire) et par le carré du rayon de la zone sphérique (la sphère) donne le flux lumineux tombant sur cette zone.

Les erreurs des mesures électriques n'influaient pas sur la pré-

cision des mesures de lumière. Pareillement la précision de celles-là n'était pas influencée par les erreurs des mesures de longueurs et d'angles, la disposition des lampes, etc.

On a mesuré l'intensité lumineuse de la lampe de comparaison avec 8 lampes de l'étalon secondaire en n'employant simultanément que 5 lampes. L'intensité lumineuse de la lampe de comparaison est connue avec une erreur moyenne quadratique non supérieure à

$$\pm \sqrt{\frac{0,18}{5}} = \pm 0,08 \text{ pour } 100.$$

La comparaison réciproque des lampes fut exécutée dans la sphère photométrique, après les mesures sur le banc.

La différence entre les mesures dans la sphère et sur le banc se compose des erreurs provenant des mesures des lampes dans ces diverses conditions, ainsi que celles de l'estimation de l'action produite par la rotation, etc. Ainsi cette différence sert de base pour juger de la précision du passage de l'unité d'intensité lumineuse à l'unité du flux lumineux; elle est de $\pm 0,16$ pour 100. En y ajoutant l'erreur provenant de l'estimation de l'intensité lumineuse de la lampe de comparaison et l'absence de la correction pour la divergence de la loi des carrés des distances pour la lampe de comparaison, on peut estimer l'erreur moyenne quadratique de la valeur du lumen de l'U. R. S. S. à $\pm 0,2$ pour 100.

Les mesures du flux lumineux au laboratoire photométrique de la Chambre centrale sont exécutées habituellement dans des sphères photométriques ayant un diamètre de 1^m et 2^m. Le présent travail fut effectué dans la sphère de 1^m de diamètre. La surface intérieure était couverte de sulfate de baryum, coagulé avec de l'acétylcellulose dissoute dans de l'acétone mélangé d'un peu de pyridine et de xylène.

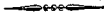
Le schéma des mesures est le suivant. La lampe à mesurer est placée au centre de la sphère; au-dessus est établi un petit écran. Le photomètre à contraste de Lummer et Brodhun est placé en dehors de la sphère. Dans la sphère est pratiquée une ouverture par où l'observateur voit immédiatement l'écran placé à l'intérieur de la sphère, représentant la partie des plages photométriques de comparaison. Le schéma permet de se passer du verre opale ou mat, employé habituellement à la fenêtre de la sphère et qui pourrait altérer le spectre de la lumière de la lampe à mesurer. En outre le miroir d'argent employé dans le

photomètre de Lummer et Brodhun est mis de côté. La plaque (écran) placée dans la sphère d'un côté ne reçoit pas directement de lumière de la lampe; c'est ce côté que l'observateur regarde à travers le photomètre.

En concordance avec le schéma élaboré pour la conservation de l'étalon de la bougie internationale on a établi des étalons-témoins du lumen, au nombre de quatre groupes, de 33 lampes électriques au total. C'est avec eux que sont établies les relations précises entre le lumen de l'U. R. S. S. et ceux de l'Allemagne, de l'Angleterre, des États-Unis d'Amérique et de la France.

Pour les travaux courants on a pris la copie fondamentale de l'étalon primaire (l'étalon secondaire) consistant en 19 lampes électriques à vide.

Le Laboratoire photométrique de la Chambre centrale des Poids et Mesures est en ce moment occupé à compléter l'étalon primaire du lumen avec des lampes à filament métallique dans un milieu gazeux.



ÉTABLISSEMENT

DE

LA SECONDE PARTIE DE L'ÉTALON FONDAMENTAL DU LUMEN DE L'U. R. S. S.

(A UNE TEMPÉRATURE VOISINE DE 2500° ABS.)

(*Annexe III*);

Par M. E.-D. DIEVJATKOVA.

A la fin de l'année 1929 le Laboratoire photométrique de la Chambre centrale des Poids et Mesures a commencé à préparer un nouveau groupe d'étalons du lumen. Ce groupe (le second) est composé de lampes à atmosphère gazeuse. L'emploi de pareilles lampes est devenu nécessaire, attendu que, dans l'industrie et dans la pratique ordinaire du laboratoire, se fait sentir le besoin d'un semblable étalon, soit par la structure du spectre, soit par la valeur du flux lumineux.

Le groupe entier contient à présent 20 lampes et est divisé en deux sous-groupes, de 10 lampes à 150 watts environ et de 10 lampes à 300 watts environ. Ces lampes ont été fabriquées par la Maison Philips, sur commande spéciale de la Chambre centrale. Leur construction est à peu près la même que celle des lampes du type industriel. La différence consiste en ce que le filament est soudé aux électrodes, l'isolement des pastilles du culot est en porcelaine, etc.


Avant les mesures, les lampes brûlaient à la tension nominale, pendant la durée correspondant à 15 pour 100 de tout leur service. Comme étalons elles étaient employées plus tard avec la tension abaissée de 10 pour 100 de la valeur nominale pour garantir plus de stabilité. Après un tel vieillissement (le recuit) l'intensité du courant se modifiait de 0,1 pour 100 pour 20 heures de fonctionnement. Cela indique que les lampes sont voisines d'un certain régime de stabilité.

Puisque les lampes à atmosphère gazeuse sont, en général, moins stables que les lampes à vide, il était nécessaire auparavant de leur faire subir une étude soignée. Il fut constaté que l'intensité du courant des lampes de 150 watts, dont l'allumage était répété, variait dans les limites de $\pm 0,012$ pour 100, tandis que celle des lampes à 300 watts variait dans les limites de $\pm 0,05$ pour 100. Aux secousses considérables et aux chocs, soit à l'état d'incandescence, soit à l'état froid des lampes de 150 watts, l'intensité du courant est invariable dans les limites de 0,001 pour 100. Les lampes de 300 watts manifestent une certaine variation du courant lorsqu'elles subissent des chocs et des secousses. Cependant ces variations ne sont que de courte durée, et en 3 à 5 minutes le courant revient à sa valeur antérieure. Ainsi les lampes choisies comme étalons montrent une assez grande stabilité de l'intensité du courant.

La détermination du flux lumineux s'effectuait par le photomètre distributif de la manière suivante. La lampe était placée sur un appui, le culot en haut, et tournait autour de son axe de symétrie à la vitesse de 80 tours par minute. La lumière tombait sur un écran blanc et mat (du SO^4Ba comprimé) disposé à la distance constante du centre de la lampe, et pouvait tourner autour de lui dans le plan vertical. En déplaçant cet écran de 5 en 5 degrés on a pu mesurer l'intensité lumineuse de la lampe dans toutes les zones, comme on l'avait fait dans le travail antérieur, pour l'établissement du premier groupe d'étalons du lumen (*Les lampes à filament de tungstène dans le vide, voir Supplément I*) avec cette différence que la lampe reste toujours en position verticale, ce qui est nécessaire pour une lampe à atmosphère gazeuse. Le faisceau lumineux venant de l'écran mat atteignait l'œil de l'observateur, ayant passé successivement sur le prisme à réflexion totale, la lentille et le cube de Lummer-Brodhun. Comme lampe de comparaison on employait une lampe semblable à celle qui avait été utilisée dans un travail antérieur. Les mesures de l'intensité lumineuse furent réalisées par déplacement de la lampe de comparaison.

Pour déterminer le flux lumineux des lampes il fallait passer de l'étalon fondamental de la bougie international, consistant en lampes à filament dans le vide, aux lampes à atmosphère gazeuse constituant l'étalon du lumen, et ayant un spectre différent. Pour la réduction des erreurs introduites par ce passage dans les mesures, le nombre des surfaces réfléchissantes dans l'appar-

reil fut réduit au minimum. Du côté de la lampe à mesurer il n'y avait pas de surfaces avec réflexion sélective (miroirs d'argent) et il ne restait qu'un prisme (incoloré) à réflexion totale. Les mesures de l'intensité lumineuse étant effectuées à l'aide de la lampe tournante, on a fait séparément l'étude de l'influence de la rotation sur les valeurs de l'intensité du courant et du flux lumineux. On a constaté que la rotation de la lampe provoque les variations de ces deux valeurs d'autant plus grandes que la vitesse de rotation est plus grande. A 80 tours par minute l'intensité du courant des lampes de 150 watts diminue en moyenne de 0,3 pour 100, le flux de ces lampes augmente en moyenne de 2,6 pour 100; les lampes de 300 watts manifestent la diminution de l'intensité du courant en moyenne de 0,3 pour 100 et l'augmentation du flux lumineux de 2,45 pour 100. Toutes ces variations seront prises en considération ultérieurement dans les calculs des valeurs correspondant aux lampes à l'état stationnaire. Ce travail s'achève en ce moment.



LA PLAGE
DE
COMPARAISON DU PHOTOMÈTRE

(Annexe IV);

Par M. P.-M. TIKHODÉEV.

Lorsqu'il s'agit de la comparaison des brillances de même couleur (ou de sources de lumière produisant ces brillances sur des écrans blancs photométriques), la méthode consistant dans la formation de plages de comparaison n'a aucune importance spéciale. Il est vrai qu'on peut réduire en général toutes les comparaisons photométriques à des comparaisons monochromes (*voir* Annexe VI). Cependant, en ce moment, la comparaison des brillances hétérochromes est encore d'une grande importance. L'emploi, à ce propos, d'un photomètre à papillotement n'est pas pratique. En outre, son emploi n'est pas désirable, puisque les résultats obtenus par son moyen démontrent seulement le remplacement réciproque de deux brillances comparées dans les conditions de leur rapide alternance. En général, en ayant en vue le choix arbitraire de la base de comparaison de deux brillances hétérochromes, on pourrait reconnaître une pareille interchangeabilité comme l'indice décisif. Pourtant ce procédé étant trop artificiel et trop éloigné des conditions pratiques ne peut pas être considéré comme acceptable.

Il faut choisir la plage de comparaison invariable avec le temps, et très proche de la condition habituelle de l'application de la vision. Dans ce but, on emploie le plus souvent la plage de contraste bien connue dans le photomètre de Lummer-Brodhun. Il y a deux méthodes de son emploi: 1° les deux sources à comparer éclairent directement les deux parties de la plage de comparaison; 2° on emploie la lampe de comparaison, de sorte que

les deux sources à comparer éclairent alternativement la même plage de comparaison.

L'égalisation de la lumière dans la première méthode démontre que les deux brillances comparées produisent le contraste identique et mutuel d'une tache (trapèze) à la plage (le fond). Puisque la sensation du contraste, comme il est bien connu, dépend des couleurs du fond et de la tache, les résultats d'une telle plage de comparaison ont une valeur très limitée et peuvent en général amener facilement à des résultats contradictoires. En effet, les rapports des intensités lumineuses de trois sources hétérochromes de lumière, par exemple, peuvent être reconnus comme différents, en dépendance de l'ordre des mesures. Si la première mesure donne

$$\frac{I_1}{I_2} = K_1$$

et la deuxième

$$\frac{I_1}{I_3} = K_2,$$

la troisième peut donner une inégalité

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{K_2}{K_1}.$$

La seconde méthode de l'application du photomètre à contraste nous montre que les sources de lumière à comparer produisent le même contraste minimum ⁽¹⁾ sur la plage de la lampe de comparaison. On peut éliminer ici les contradictions possibles de la première méthode, mais, d'un autre côté, on introduit arbitrairement la coloration de la lampe de comparaison. Avec le changement de cette couleur, en général, il peut se produire des résultats différents des comparaisons. Jusqu'à maintenant, et, dans un avenir rapproché, la Chambre centrale des Poids et Mesures emploiera aussi cette méthode.

Pourtant le défaut indiqué nous fait chercher de nouvelles plages de comparaison du photomètre, théoriquement plus régulières. Dans cette idée on a tracé le programme suivant.

1. On met à la base des comparaisons des brillances hétéro-

⁽¹⁾ On peut dire que deux champs hétérochromes contigus produisent toujours un contraste; en établissant une égalité lumineuse, on cherche le contraste le plus petit possible (*voir plus loin*).

chromes (ou de sources qui les produisent sur des écrans photométriques) le remplacement réciproque des brillances en relation avec une certaine plage enveloppante établie une fois pour toutes. Comme telle, théoriquement parlant, on devrait choisir la plage ayant la couleur de la lumière diurne, c'est-à-dire avec distribution uniforme de l'énergie dans le spectre.

L'auteur est d'avis que l'adoption d'une telle base, comme d'une autre quelconque, est une chose conventionnelle. Pourtant, elle a l'avantage d'une plus grande universalité, étant moins artificielle que d'autres.

2. Le remplacement réciproque est déterminé par l'indice de la moindre différence d'une brillance donnée dans la plage enveloppante, dont on a parlé ci-dessus. Plus loin nous appellerons le fait que cet indice de la brillance donnée est satisfait, « la position de l'égalité lumineuse ».

3. Le remplacement réciproque est déterminé à la condition que des brillances à mesurer, comparées alternativement avec la plage enveloppante, sont vues par l'œil au même endroit de la rétine.

4. Les plages de comparaison du photomètre peuvent être dessinées de la manière suivante. La plage fondamentale est un cercle ayant la couleur dont on a parlé au n° 1. Au centre du cercle se trouve un rectangle (ou un petit cercle) qui représente la brillance à mesurer. Des deux côtés, à une certaine distance, se trouvent deux rectangles pareils. Chacun d'eux est éclairé par la même source de lumière que la brillance à mesurer (moyenne); l'un a la brillance (pas la couleur) un peu plus forte, l'autre un peu plus faible que la brillance moyenne; la différence entre les brillances ne dépasse que peu le seuil de la sensation de la brillance. On trouve la position de l'égalité lumineuse. Les autres rectangles ne servent qu'à amorcer le seuil de la sensation de la brillance. Autour de la plage fondamentale (du cercle), est un espace obscur.

5. Pour préciser la détermination de l'égalité lumineuse, on cherche non pas la position de l'égalité lumineuse, mais ses limites. D'abord on trouve cette position avec un œil et on fait les mesures proprement dites avec l'autre, préalablement adapté à l'obscurité. Pendant les mesures, l'œil est immobile et ne se déplace pas sur les plages de comparaison.

6. Les dimensions angulaires des champs de comparaison (du cercle, du rectangle et de la distance entre eux) doivent être constantes.

7. Les valeurs de la brillance à laquelle des mesures photométriques précises sont effectuées doivent être renfermées entre certaines limites (de l'ordre de 0,5 et 1 millistible).

L'auteur est d'avis qu'il serait très important d'effectuer la détermination de la sensibilité de l'œil aux diverses radiations, en observant les règles données ci-dessus.



SUR LE PROGRAMME
DES
COMPARAISONS INTERNATIONALES DES ÉTALONS
DE LUMIÈRE

(*Annexe V*);

Par M. P.-M. TIKHODÉEV.

Les considérations qui suivent pourraient être, de l'avis de l'auteur, utilisées à l'élaboration du programme des comparaisons internationales d'étalons de lumière.

1. Le but des comparaisons internationales est de déterminer, de façon plus précise, les rapports existant entre les unités de l'intensité lumineuse (de même que du flux lumineux) des différents pays. Ayant en vue : 1° la tendance naturelle d'établir l'uniformité des unités de lumière des différents pays; 2° le fait que les différences des valeurs de la bougie internationale en divers pays dépassent la précision des mesures photométriques, et, en particulier, la précision insuffisante de mesures photométriques qui existait au moment de l'établissement de la bougie internationale en 1909; 3° le désir de certains pays, y compris l'U. R. S. S., d'avoir une valeur précise de la bougie internationale, il est tout à fait indispensable de préciser la valeur de la bougie internationale.

2. Les comparaisons doivent être réalisées dans un seul endroit, sous la direction générale du Comité consultatif d'Electricité, par les représentants des pays intéressés qui organisent un Comité photométrique spécial pour effectuer ce travail. Comme observateurs-photométristes, les représentants des mêmes pays peuvent être invités.

A. — COMPARAISON DES UNITÉS D'INTENSITÉ LUMINEUSE.

4. Chaque laboratoire national présente : 1° 10 lampes électriques comparées directement avec leur étalon fondamental et ayant la même température de couleur que lui ; 2° 15 lampes électriques (à vide, à filament de tungstène) (1) ayant une température de 2360° abs. environ ; il est recommandable qu'il reste dans chaque laboratoire un groupe de témoins d'au moins 15 lampes de la même construction.

5. D'après le premier groupe de lampes, on établit les rapports entre les unités existantes de l'intensité lumineuse des différents pays.

D'après le second groupe, le Comité photométrique établira la valeur plus précise de la bougie internationale.

Le Comité photométrique fera l'assortiment de filtres bleus homogènes, cinq pour chaque pays.

D'après les lampes du second groupe, dont la lumière passe à travers le filtre, on établit de même la valeur précise de la bougie internationale, *laquelle sera reconnue dorénavant comme valeur fondamentale*. On assortit les filtres bleus de façon à obtenir, avec l'approximation la plus grande possible, un spectre de lumière diurne.

6. De semblables groupes de lampes, en nombre triple, participent à toutes les mesures, et doivent être conservés au Bureau international des Poids et Mesures comme étalons-témoins de l'unité d'intensité lumineuse.

7. L'ordre des mesures photométriques doit être établi par le Comité photométrique. De son côté la Chambre centrale des Poids et Mesures présente des considérations exposées dans les Annexes IV et VI. En outre, elle se proposerait de porter à la connaissance du Comité photométrique les méthodes de mesures photométriques étudiées et employées par elle dans ses mesures de haute précision (2).

(1) La tension des lampes est de 100 à 110 volts, l'intensité lumineuse est de 35 bougies internationales.

(2) Voir *Wremennik* de la Chambre centrale, livraisons 2 (14), 3 (15) et 4 (16).

B. — COMPARAISONS DES UNITÉS DU FLUX LUMINEUX.

8. Chaque laboratoire national présente : *a.* 10 lampes à vide ayant la température de couleur de 2360° abs. environ ;
b. 10 lampes à atmosphère gazeuse ayant la température de 2500° à 2600° abs., qui sont comparées directement à l'étalon primaire de l'unité de flux lumineux de son pays.

9. D'après ces lampes, on établit les rapports précis existant entre les unités de flux lumineux des pays participants.

10. Le Comité photométrique établira le plan de mesures qui peuvent favoriser ultérieurement le rapprochement des valeurs de l'unité de flux lumineux des différents pays.



SUR UNE MÉTHODE
DE
MESURE DES SOURCES DE LUMIÈRE
N'AYANT PAS LE MÊME SPECTRE.

(Annexe VI);

Par M. P.-M. TIKHODÉEV.

La couleur de la lumière d'une source quelconque ⁽¹⁾ peut être obtenue par addition des spectres de deux autres sources de lumière, dont l'une a une température plus basse de couleur équivalente, l'autre une plus élevée. Alors nous aurons deux étalons secondaires nouveaux. Leur action, conjointe à des distances diverses de l'écran blanc du photomètre, peut produire la couleur du spectre voulue, qui est intermédiaire entre les couleurs des spectres d'étalons secondaires. Chaque source de lumière étudiée, correspondant à la condition que la température de couleur se trouve dans les limites posées par les températures d'étalons secondaires, est comparée maintenant avec ceux-ci, de telle sorte que le spectre total d'étalons secondaires doive être choisi de même couleur que le spectre étudié.

Mais là surgit la question : comment peut-on faire la mesure de l'intensité lumineuse de deux étalons secondaires dans les conditions des mesures photométriques monochromes ? Admettons que la source étalonée ait l'intensité lumineuse I_e à la température de couleur t_e . Prenons encore trois sources de lumière avec les intensités I_1 , I_2 et I_3 . On les choisit de telle sorte que leurs températures de couleur satisfassent aux inéga-

(1) Pour simplifier la discussion, nous considérons seulement les sources de lumière ayant un spectre continu.

lités $t_2 < t_e < t_3 < t_1$. Par une série de mesures successives exécutées, par exemple, sur le banc photométrique, on peut déterminer les valeurs de l'intensité lumineuse I_1 , I_2 et I_3 , en conservant le monochromatisme des plages de comparaison du photomètre.

Admettons que le côté gauche de l'écran soit éclairé simultanément par des sources de lumière : l'une, fondamentale, étalonnée avec l'intensité I_e et l'autre auxiliaire I_1 ; le côté droit, par des sources secondaires I_2 et I_3 . On choisit les distances relatives des quatre sources de telle manière qu'on obtienne la même couleur voulue sur les deux moitiés de l'écran photométrique, et, cela va sans dire, la brillance voulue.

Les résultats des mesures donnent l'équation

$$(1) \quad \frac{I_e \cos \alpha_e}{l_e^2} + \frac{I_1 \cos \alpha_1}{l_1^2} = \frac{I_2 \cos \alpha_2}{l_2^2} + \frac{I_3 \cos \alpha_3}{l_3^2}.$$

Ici l avec l'indice représentant la distance de la source de lumière à l'écran photométrique, α l'angle d'incidence des rayons lumineux.

La seconde comparaison s'effectue à l'allumage simultané de trois sources de lumière. Celle qui sert d'étalon éclaire le côté gauche de l'écran photométrique, les deux secondaires le côté droit. De nouveau, les distances sont choisies de telle sorte qu'on puisse avoir la même couleur sur les deux moitiés de l'écran et la brillance voulue. Comme résultat, nous avons l'équation

$$(2) \quad \frac{I_e \cos \alpha_e}{L_e^2} = \frac{I_2 \cos \alpha_2}{L_2^2} + \frac{I_3 \cos \alpha_3}{L_3^2},$$

L avec l'indice correspondant à la distance à l'écran.

Enfin; on effectue la troisième mesure. Le côté gauche est éclairé par la source-étalon et par la source auxiliaire, tandis que le côté droit l'est par le seul étalon secondaire ayant l'intensité lumineuse I_3 . Aux mesures, on observe la condition de la même couleur de l'écran photométrique. Les mesures donnent l'équation

$$(3) \quad \frac{I_e \cos \alpha_e}{d_e^2} + \frac{I_1 \cos \alpha_1}{d_1^2} = \frac{I_3 \cos \alpha_3}{d_3^2},$$

d (avec l'indice correspondant), la distance des sources de lumière à l'écran.

Les trois équations qui s'en déduisent permettent de déterminer les intensités lumineuses I_1, I_2, I_3 .

Les mesures ultérieures des lampes étudiées peuvent être exécutées par diverses méthodes. Ayant enlevé l'étalon fondamental et la source auxiliaire, on peut, par exemple, du côté gauche, appliquer la lampe à essayer, et, du côté droit, conserver les deux étalons secondaires. Leur position relative permettra d'obtenir le spectre voulu.

On peut aussi placer la lampe à essayer à l'endroit de l'étalon fondamental. Alors la disposition relative de cette lampe et de la lampe auxiliaire (I_1) permet d'obtenir la couleur de la lumière à laquelle on désire faire la mesure.

Une pareille méthode de mesures, avec quatre lampes, dont l'une doit être essayée, permet de travailler toujours avec la même couleur au photomètre, ce qui a toute une série d'avantages théoriques et pratiques.

Bien entendu la méthode recommandée de la décomposition et de la synthèse de la lumière pour les buts de remplacement des mesures photométriques hétérochromes par des méthodes monochromes peut avoir un tout autre domaine d'application qu'il n'est indiqué ici. Ainsi, par exemple, elle peut être appliquée pour les mesures de facteurs de transmission des verres colorés (filtres), pour les luxmètres, etc.

Cet avis est préliminaire pour le moment; la méthode décrite n'est pas entièrement essayée. L'auteur s'abstient, en attendant de donner des communications ultérieures, avant d'avoir obtenu de nouvelles données expérimentales.



DÉCISION
DU
COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL
DES
LIAISONS RADIOTÉLÉGRAPHIQUES (1).

Réunion de La Haye (septembre 1929).

AVIS N° 11.

1° Il est désirable qu'il soit établi par chaque nation un Laboratoire national muni d'un étalon de fréquence devant servir de base aux mesures de fréquence pour les stations de cette nation.

2° Il sera demandé au Bureau International des Poids et Mesures qu'il veuille bien étudier la possibilité d'organiser des comparaisons internationales d'étalons absolus de fréquence.

(1) Voir le Commentaire de M. R. Jouaust, pages 35-37.

RAPPORT

SUR LA PROPOSITION DU COMITÉ CONSULTATIF
INTERNATIONAL DE RADIOÉLECTRICITÉ, DE
CONFIER AU BUREAU INTERNATIONAL DES
POIDS ET MESURES L'ORGANISATION DE LA
COMPARAISON DES MESURES DE FRÉQUENCE;

PAR M. R. JOUAUST.

La nécessité pour les divers pays d'obtenir une organisation internationale des liaisons radiotélégraphiques les a amenés à réunir une Conférence internationale de radiotélégraphie à Washington en 1927.

Cette conférence ayant besoin d'être éclairée sur quelques points techniques créa un Comité consultatif des liaisons radiotélégraphiques dont la première réunion eut lieu à La Haye en septembre 1929.

Un des premiers problèmes dont eut à s'occuper ce Comité fut d'éviter les brouillages entre les divers postes émetteurs. La condition la plus importante pour arriver à ce résultat était d'obliger chaque poste à travailler exactement sur la fréquence qui lui était assignée.

Il était donc nécessaire que les mesures de fréquence de tous les pays fussent aussi concordantes que possible.

On ne peut pas matérialiser l'étalon de fréquence comme on l'a fait pour les étalons de longueur et de masse. En vertu de sa définition même, l'étalon de fréquence est la seconde de temps solaire moyen.

Dans ces conditions, le Comité consultatif des liaisons radio-électriques invita chaque pays à organiser des établissements qui, d'une part, détermineraient les fréquences en valeur absolue en fonction de la seconde de temps solaire moyen, établiraient en partant de cette détermination des étalons secondaires et s'en serviraient pour étalonner les ondemètres qui, dans la pratique, servent à la mesure des fréquences des postes émetteurs. Mais

cette façon d'agir ne pouvait avoir d'effet que si les diverses déterminations en valeur absolue étaient concordantes. Un organisme de coordination était donc nécessaire, et, sur la proposition de l'Administration française des Postes et Télégraphes, le Comité consultatif estima que la situation étant exactement la même que celle qui s'était présentée quelques années avant pour les unités électriques, il convenait de demander au Bureau international des Poids et Mesures de vouloir bien étendre sa compétence aux mesures de fréquence dans des conditions identiques à celle où elle s'étend aujourd'hui aux unités électriques.

C'est ainsi que, parmi les avis émis à La Haye par le Comité consultatif des liaisons radioélectriques, figure sous le n° 11, le texte suivant :

1° Il est désirable qu'il soit établi par chaque nation un laboratoire national muni d'un étalon de fréquence devant servir de base aux mesures de fréquence pour les stations de cette nation;

2° Il sera demandé au Bureau international des Poids et Mesures qu'il veuille bien organiser des comparaisons internationales d'étalons absolus de fréquence.

Il importe de remarquer que les rédacteurs de ce texte, peu au courant de l'organisation internationale des Poids et Mesures, ont fait figurer le Bureau alors qu'il aurait convenu de s'adresser au Comité international des Poids et Mesures. Pourtant leur attention avait été attirée sur ce point par deux membres de laboratoires nationaux prenant part aux délibérations.

Il ne s'agit là que d'un avis, le Comité consultatif n'ayant aucune qualité pour prendre des décisions, celles-ci étant réservées à la Conférence internationale des liaisons radioélectriques qui doit se réunir à Madrid en 1932.

Toutefois à la réunion de juin 1930 du Comité consultatif d'Électricité, le représentant de la France, qui avait également pris part aux travaux du Comité consultatif des liaisons radioélectriques à La Haye, porta cet avis à la connaissance de ses collègues et suggéra que, pour éviter toute perte de temps, dans le cas, très probable où la Conférence de Madrid entérinerait l'avis de son Comité consultatif, il serait bon que le Comité international des Poids et Mesures eût pris officiellement la décision de refuser ou d'accepter l'offre qui pourrait lui être faite en 1932, d'étendre aux mesures de fréquence la compétence du Bureau.

Nous demanderons donc au Comité international de bien vouloir examiner la question.

Mais il importe de préciser quel devrait être le rôle du Bureau. Nous le trouvons dans un rapport de l'Administration française des Postes et Télégraphes dont on nous a fait connaître officieusement les conclusions.

En attendant qu'un organisme centralisateur de mesures des fréquences ait été établi, une nouvelle réunion du Comité consultatif radioélectrique devant avoir lieu à Copenhague en juin 1931, l'Administration française des Postes et Télégraphes avait été chargée de l'organisation de ces comparaisons internationales de fréquence.

Elle a reconnu que le meilleur procédé consistait dans le transport, dans les divers laboratoires, d'un étalon secondaire de fréquence (généralement du type piézoélectrique). Mais étant donné que les laboratoires nationaux de radioélectricité sont répandus sur tous les points du globe, il est difficile de les visiter tous. C'est ainsi que le représentant de l'Administration française n'a pu visiter que les laboratoires allemand, anglais et italien et que les laboratoires des États-Unis et du Japon ont dû être laissés en dehors de la comparaison entreprise. Aussi l'Administration française des Postes et Télégraphes termine-t-elle le rapport qu'elle avait été chargée d'établir sur ce sujet en montrant combien il serait désirable qu'il existât un laboratoire central vers lequel convergeraient les représentants des laboratoires nationaux pour comparer entre eux leurs étalons de fréquence.

Elle fait remarquer que précisément, par suite du rôle attribué au Bureau international dans l'étude des unités électriques, les physiciens des divers laboratoires seraient amenés à s'y rendre, porteurs d'étalons de résistance ou de force électromotrice. Il leur serait très facile d'y adjoindre des étalons de fréquence.

Le Directeur du Bureau, à la demande de l'Administration française des Postes et Télégraphes, a envisagé, en collaboration avec un représentant de cette Administration, les possibilités matérielles pour le Bureau d'assumer la tâche qui lui était demandée.

Il a été reconnu qu'il existait dans les constructions nouvelles un local qui conviendrait à ce genre d'études, qui entraînerait seulement un achat de matériel d'une valeur de 200 000^{fr} environ.

RÉSOLUTION

PROPOSÉE PAR LE BUREAU OF STANDARDS
CONCERNANT LES ÉTALONS DE RADIO-FRÉQUENCE;

Par M. GEORGE K. BURGESS.

Le Comité international des Poids et Mesures, ayant pris en considération la résolution adoptée par le Comité consultatif international technique des Communications radioélectriques à la Haye, en 1929, concernant le vœu d'organiser des comparaisons internationales d'étalons de radio-fréquence, reconnaît la courtoisie témoignée par ce Comité, et exprime les opinions suivantes :

a. Les comparaisons et l'unification des étalons nationaux de radio-fréquence peuvent être entreprises au mieux par le Comité international des Poids et Mesures, sous l'autorité générale qui lui a été donnée par la Convention du Mètre modifiée en 1921.

b. Cette tâche peut être donnée au Comité consultatif d'Électricité dans les meilleures conditions, puisqu'il compte des représentants de plusieurs des laboratoires nationaux, qui ont témoigné jusqu'à présent la plus grande activité dans le développement et la comparaison d'étalons de radio-fréquence.

c. Il est désirable que cette entreprise soit approuvée par la Conférence internationale de Radiotélégraphie, qui se réunira à Madrid en 1932, et par le Comité consultatif international technique des Communications radioélectriques, qui se réunira à Copenhague le 27 mai 1931.

Nota. — Le Bureau of Standards, dans ses memoranda soumis à la Conférence générale de 1927, indiquait qu'il était désirable que l'on se prépare à faire des comparaisons d'étalons de radio-fréquence sous les auspices du Comité international, et notait que l'organisation et l'exécution nécessaires pour travailler avec

ces étalons seraient essentiellement les mêmes que pour les étalons d'électricité et de photométrie.

De plus, dans les documents soumis à la session de 1930 du Comité consultatif (Rapport, p. 73 à 74), le Bureau of Standards demandait une prompt action dans cette question pour éviter la possibilité que d'autres organisations internationales pussent entreprendre les comparaisons fondamentales.

RAPPORT

SUR LES COMPARAISONS DES UNITÉS DE RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE EN USAGE EN ALLEMAGNE, EN GRANDE- BRETAGNE ET AUX ÉTATS-UNIS, EN 1929 ET 1930;

Par M. GEORGE K. BURGESS.

Pendant les étés de 1929 et de 1930, un groupe d'étalons de résistance d'un ohm a été transporté, du National Bureau of Standards, en Angleterre et en Allemagne. Après que l'on eut exécuté des mesures au National Physical Laboratory et à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, ces étalons furent retournés aux États-Unis, portés à la main, comme à l'aller, et mesurés de nouveau au Bureau of Standards.

Les étalons de résistance employés dans ces comparaisons étaient des bobines d'un ohm du type récemment créé au Bureau of Standards. Le métal de résistance avec lequel ils étaient confectionnés est de la manganine, qui, apparemment, avait été fabriquée de manière à éviter des écailles à la surface et l'inclusion de la soudure. Les bobines de manganine ont été recuites aux environs de 500°C., et montées dans des réservoirs à double paroi, sans huile. La description de ce type d'étalons de résistance est faite dans le *Journal of Research* du Bureau of Standards (1).

Un résumé des résultats des mesures sur ces étalons dans les trois laboratoires est donné dans la suite de cette Note, en commençant par les valeurs de la résistance pour chaque bobine dans chacun des laboratoires.

1929. Comparaisons à 25°C.

Bobine n°.	N. B. S. Avril.	N. B. S. Juin.	N. P. L. Juillet.	P. T. R. Juillet.	N. B. S. Novembre.
36.....	1,000037	1,000038	1,000012	1,000028	1,000038
37.....	0,999989	0,999989	0,999963	0,999978	0,999989
38.....	0,999977	0,999977	0,999949	0,999968	0,999977

(1) Volume 5, n° 2, août 1930, p. 295.

Partant de ces données, on peut voir que l'unité dans laquelle les valeurs du National Bureau of Standards sont exprimées est *plus petite* que celle employée au National Physical Laboratory, la différence étant

26 millionièmes d'après les bobines nos 36 et 37
28 millionièmes d'après la bobine n° 38
<hr style="width: 10%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 27 millionièmes (en moyenne)

De la même façon, l'unité du Bureau of Standards est *plus petite* que l'unité dans laquelle les valeurs de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt sont exprimées, de

10 millionièmes d'après la bobine n° 36	11	»	37
9	»	38	
<hr style="width: 10%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 10 millionièmes (en moyenne)			

1929. Comparaisons à 20° C.

Bobine n°.	N. B. S. Juin.	N. P. L. Juillet.	N. P. L. Octobre.	N. B. S. Novembre.
36.....	(0,999970)	0,999943	0,999945	0,999970
37.....	(0,999916)	0,999889	0,999891	0,999916
38.....	(0,999912)	0,999883	0,999885	0,999912

Les valeurs du Bureau of Standards, indiquées pour le mois de juin, n'ont pas été déterminées alors à 20° C. Les valeurs données ici ont été obtenues au moyen des valeurs mesurées à 25° C., en supposant que la différence des valeurs entre 20° et 25° était la même en juin qu'en novembre.

Il apparaît, de ces données, que l'unité de résistance dans laquelle les valeurs du Bureau of Standards sont exprimées est *plus petite* que celle du National Physical Laboratory de

26 millionièmes d'après les bobines nos 36 et 37
28 millionièmes d'après la bobine n° 38
<hr style="width: 10%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 27 millionièmes (en moyenne)

1930. Comparaisons à 25° C.

Bobine n°.	N. B. S. Avril.	N. B. S. Mai.	P. T. R. Juillet.	N. P. L. Septembre.	N. B. S. Octobre.	N. B. S. Décembre.
37...	0,999988	0,999988	0,999974	0,999965	0,999988	0,999988
38...	0,999977	0,999977	0,999966	0,999957	0,999980	0,999981
54...	0,999506*	0,999506*	0,999492	0,999481	0,999506	0,999506

On remarquera que la bobine de résistance n° 38 a augmenté de 3 millièmes entre les mesures de mai et celles d'octobre, tandis que la résistance des autres bobines n'a pas changé, dans le même temps, d'un millième. La différence entre les mesures de mai au Bureau of Standards et celles de juillet à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, indique que ce changement dans la bobine n° 38 s'est produit entre ces dates. Si cela est exact il s'ensuit que l'unité dans laquelle les valeurs du Bureau of Standards sont exprimées est plus petite que celle employée à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, de

14	millièmes déterminés par la bobine n° 37	
13,5	»	38
14	»	54
<hr/>		
14	millièmes (en moyenne)	

et qu'elle est plus petite aussi que celle du National Physical Laboratory de

23	millièmes déterminés par la bobine n° 37	
23	»	38
25	»	54
<hr/>		
24	millièmes (en moyenne)	

Résumé.

Les résultats de ces comparaisons peuvent être résumés comme suit, en fonction des différences entre les unités conservées dans les trois laboratoires, exprimées en millièmes.

(*) Corrigé pour une erreur dans l'appareil de mesure, découverte par l'étude faite en octobre.

Année.	N. P. L.	P. T. R.	N. P. L.
	— N. B. S.	— N. B. S.	— P. T. R.
1929.....	27	10	17
1930.....	24	14	10

Unité de résistance.

L'unité de résistance dans laquelle les valeurs du National Bureau of Standards sont exprimées est l'*Unité de Washington*, telle qu'elle est conservée au Bureau au moyen de bobines de fil. En 1910, cette unité était considérée par le Comité international des Unités et Étalons électriques comme étant l'Ohm international, aussi près qu'on pouvait le connaître à l'époque.



RAPPORT

SUR LA COMPARAISON DES ÉLÉMENTS ÉTALONS, FAITE
EN 1929 ET 1930, AVEC CEUX DU " NATIONAL PHY-
SICAL LABORATORY " ET CEUX DE LA " PHYSIKA-
LISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT " ;

Par M. GEORGE K. BURGESS.

I. *Description des éléments.* — Le Bureau a choisi, pour les comparaisons effectuées en 1929 et 1930, quatre éléments de construction récente quelque peu différents de forme et de matière, puisque les précédentes expériences exécutées en faisant voyager les éléments anciens n'avaient pas donné toute satisfaction, à cause des effets d'hystérèse et d'une divergence possible par rapport aux formules internationales de température. Les quatre mêmes éléments ont été expédiés en 1930, comme en 1929, et ont été retournés au Bureau après qu'ils eurent été mesurés au National Physical Laboratory et à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Les types d'éléments de ce groupe et les dates de leur construction sont donnés ci-après :

TABLEAU I.

Élément N°	Type.	Date de construction.
683.....	Neutre	11 octobre 1928
686.....	Neutre	11 octobre 1928
700.....	Neutre	23 octobre 1928
714.....	Acidité N/10	30 octobre 1928

II. *Mesures, au Bureau of Standards, de ce groupe de comparaisons, faites en 1929 et 1930.* — Les valeurs des éléments indi-

viduels sont données dans le tableau II. Les résultats notés pour juin 1929 sont les moyennes d'une série de mesures faites avant l'envoi des éléments, et les résultats pour décembre 1929 sont les moyennes d'une série faite immédiatement après que les éléments furent retournés de voyage. De la même manière, les mesures en mai et en octobre 1930 ont été faites avant et après les mesures exécutées dans les laboratoires étrangers.

Les changements dans les valeurs individuelles sont consignés dans le tableau. Les deux éléments qui ont été les plus constants sont le n° 685 et le n° 714, bien que le n° 686 ait été très constant dans les mesures de 1930. Les plus grandes variations observées l'ont été pour l'élément n° 700.

TABLEAU II.

Mesures faites au Bureau of Standards.

(Différences, en microvolts, de l'élément normal Weston ;
mesures faites à 28° C.)

Élément N°	Mesures faites en 1929.			Mesures faites en 1930.		
	Juin.	Déc.	Moy.	Mai.	Oct.	Moy.
685.....	— 5	— 8	— 6	— 10	— 5	— 8
686.....	— 11	— 24	— 17	— 29	— 31	— 30
700.....	+ 12	— 11	0	— 13	— 2	— 8
714.....	— 44	— 49	— 46	— 47	— 50	— 48
Moyenne.....	— 12	— 23	— 17	— 25	— 22	— 23

III. *Comparaison des valeurs attribuées aux éléments au Bureau of Standards avec celles qui ont été données par le National Physical Laboratory.* — Les valeurs moyennes des éléments individuels au Bureau of Standards, avant et après chaque comparaison à l'étranger, sont prises dans le tableau II et comparées avec les valeurs indiquées par le National Physical Laboratory. Ces éléments ont été mesurés deux fois au National Physical Laboratory, en août et octobre 1929. Ces mesures ont été concordantes, la plus grande différence étant de 8 microvolts dans le cas de l'élément n° 700. Les valeurs trouvées au

National Physical Laboratory et reproduites dans le tableau III sont les moyennes, calculées dans ce laboratoire, des mesures d'août et d'octobre.

TABLEAU III.

Comparaison des mesures exécutées au Bureau of Standards avec celles qui ont été faites au National Physical Laboratory.

(Différences, en microvolts, de l'élément normal Weston conservé dans les deux laboratoires; toutes les mesures sont faites à 28°C.)

Élément N°	Mesures faites en 1929.			Mesures faites en 1930.		
	N. B. S.	N. P. L.	N. B. S. - N. P. L.	N. B. S.	N. P. L.	N. B. S. - N. P. L.
685.....	- 6	-20	+14	- 8	-31	+23
686.....	-17	-32	+15	-30	-51	+21
700.....	0	- 9	+ 9	- 8	-23	+15
714.....	-46	-76	+30	-48	-70	+22
Moy...	-17	-34	+17	-23	-44	+20

Les comparaisons de 1929 et 1930 ont montré que l'unité (le volt) au National Physical Laboratory est plus grande que l'unité du Bureau of Standards, de 17 microvolts en 1929, et de 20 microvolts en 1930; les résultats pour les deux séries de comparaisons sont donc, en moyenne, très concordants.

IV. *Comparaison des valeurs attribuées aux éléments, au Bureau of Standards, avec celles indiquées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.* — Dans le tableau IV, les valeurs moyennes des éléments individuels, déterminées au Bureau of Standards, avant et après chaque comparaison à l'étranger, sont la moyenne des valeurs portées au tableau II, et comparées avec les valeurs indiquées par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

TABLEAU IV.

Comparaison des mesures au Bureau of Standards avec celles faites à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

(Différences, en microvolts, de l'élément normal Weston conservé dans les deux laboratoires; les mesures du N. B. S. sont faites à 28°C.; les mesures de la P. T. R., à 20°C.)

Élément N°	Mesures en 1929.			Mesures en 1930.		
	N. B. S.	P. T. R.	N. B. S. -P. T. R.	N. B. S.	P. T. R.	N. B. S. -P. T. R.
685.....	- 6	+54	+60	- 8	+52	+60
686.....	-17	+35	+52	-30	+28	+58
700.....	0	+65	+65	- 8	+58	+66
714.....	-46	+ 5	+51	-48	+ 8	+56
Moy...	-17	+40	+57	-23	+39	+60

On notera que les mesures au Bureau of Standards ont été faites à 28°, et à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt à 20°. La question qui se pose est de savoir si les éléments isolés suivent de près la formule acceptée. Ces éléments ont été mesurés à 17°, 5, 20° et 28°C. par le National Physical Laboratory en 1930. Les changements mesurés de la force électromotrice avec la température concordent avec les changements évalués, à moins de 3 microvolts pour un élément individuel, et au-dessous de 1 microvolt pour la moyenne du groupe. La comparaison des valeurs obtenues à diverses températures est, par conséquent, digne de confiance.

Les deux comparaisons indiquent que l'unité de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt est plus petite que celle du Bureau of Standards. Les différences des deux comparaisons sont reproduites ici :

	L'unité P. T. R. est plus petite que l'unité N. B. S. de
Année.	
1929.....	57 microvolts
1930.....	60 »

Il résulte des comparaisons ci-dessus que le volt conservé au National Physical Laboratory est plus grand que celui de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, les différences indiquées pour les deux années étant, respectivement, 74 et 80 microvolts.



M. Janet communique les résolutions concernant les différentes unités.....	60
Adoption des résolutions du Comité consultatif d'Électricité.....	61
Réunion du Comité consultatif en 1932 ou au début de 1933.....	61
Discussion sur les fonctions de sous-directeur du Bureau.....	61-62
Augmentation des appointements du personnel..	62
Température d'ajustage des étalons industriels...	63
 <i>Procès-verbal de la cinquième séance du 18 avril 1931.</i>	 64-70
Modification des taxes d'étude.....	64
Causes du non-achèvement du nouveau bâtiment. Consultation demandée à M ^e Taillefer.....	65-66
Lettre de M. Gautier exprimant ses vifs regrets de n'avoir pu assister à la session.....	66
Deuxième rapport de la Commission des Comptes et des Finances. Diverses augmentations.....	67
Procès-verbal de la visite du dépôt des prototypes. Sur l'invitation de M. le Président, M. Guillaume annonce la nomination de M. Pérard comme sous-directeur.....	68-69
Clôture de la session.....	69
Addition : Température d'ajustage des étalons industriels.....	70
	71-74
 Comité consultatif d'Électricité. — Rapport, Procès-verbaux des séances de 1930 et Annexes.....	 75-318
 Liste des Membres du Comité consultatif d'Électricité..	 77
Deuxième Rapport du Comité consultatif d'Électricité au Comité international des Poids et Mesures; par M. L. Lombardi.....	79-102
Procès-verbal de la première séance, tenue au Laboratoire central d'Électricité, le lundi 23 juin 1930.....	103-111
Procès-verbal de la deuxième séance, tenue au Pavillon de Breteuil, le mardi 24 juin 1930.....	112-118
Procès-verbal de la troisième séance, tenue au cercle « Autour du Monde », le mardi 24 juin 1930.....	119-125

Procès-verbal de la quatrième séance, tenue au Conservatoire national des Arts et Métiers, le mercredi 25 juin 1930.....	126-129
Exposé des matières qui devront faire l'objet de la session du Comité consultatif d'Électricité dans le domaine de l'adoption des unités absolues; par M. <i>K. Takatsu</i>	130
Informations et suggestions pour les questions soumises au Comité consultatif d'Électricité, 23-25 juin 1930; par M. <i>George K. Burgess</i>	147
Mémorandum du Comité exécutif du National Physical Laboratory, concernant des faits destinés à être discutés pendant la session, à Paris, du Comité consultatif d'Électricité institué par le Comité international des Poids et Mesures.....	157
Propositions présentées à la deuxième session du Comité consultatif d'Électricité par le Laboratoire électrotechnique du Ministère des Communications à Tokyo.	161
Rapport concernant la situation actuelle des étalons électriques, en se référant spécialement à la prochaine réunion, à Paris, du Comité consultatif d'Électricité, présenté par le National Physical Laboratory.....	167
Extrait d'une lettre écrite le 17 mai 1930 par M. Paul Janet à M. Ch.-Éd. Guillaume.....	177
Lettre de M. le Président Paschen à M. Volterra du 10 avril 1930.....	179
État des travaux préparatoires; par M. <i>Ch.-Éd. Guillaume</i>	181
Rapport sur la comparaison internationale des étalons électriques, et propositions concernant les comparaisons internationales futures; par MM. <i>K. Takatsu</i> et <i>S. Jimbo</i>	187
Comparaisons internationales d'unités électriques effectuées par le Laboratoire central d'Électricité; par M. <i>Paul Janet</i>	197
Comparaisons des étalons électriques de l'U. R. S. S. avec ceux de l'Allemagne, de la Grande-Bretagne, des États-Unis et du Japon, faites en 1929 et 1930; par MM. <i>M.-F. Malikov</i> et <i>A.-C. Kolossov</i>	199
Résultats des comparaisons d'éléments normaux, faites en 1928, à la Chambre centrale des Poids et Mesures	

	Pages.
de l'U. R. S. S. et au Laboratoire central d'Électricité; par M. <i>M.-F. Malikov</i>	208
Comparaisons d'éléments normaux faites en 1929 à la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S. et au Bureau of Standards; par MM. <i>M.-F. Malikov</i> et <i>A.-C. Kolossov</i>	210
Les résultats des comparaisons internationales des étalons électriques de la Chambre centrale des Poids et Mesures faites depuis 1926 jusqu'en 1930; par MM. <i>M. A. Châtelain</i> et <i>M.-F. Malikov</i>	217
Rapport sur la préparation et l'examen des éléments étalons Weston destinés au Bureau international; par M ^{me} <i>A. Foehringer</i>	224
Le vieillissement des éléments étalons. Précision accrue dans leur usage et dans les comparaisons internationales (Extrait du Mémoire de MM. <i>A. Norman Shaw</i> , <i>H. E. Reilley</i> et <i>R. J. Clark</i>).....	233
Unités et méthodes photométriques : Mémoire soumis au Comité consultatif d'Électricité, institué par le Comité international des Poids et Mesures; par M. <i>George K. Burgess</i>	235
Comparaisons des étalons de flux lumineux du Laboratoire central d'Électricité avec ceux du National Physical Laboratory et de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt; par M. <i>Paul Janet</i>	245
Propositions concernant l'étalon primaire de lumière, soumises au Comité consultatif d'Électricité, institué par le Comité international des Poids et Mesures; par M. <i>George K. Burgess</i>	249
Note sur le Mémoire présenté par le Directeur du Bureau of Standards sur les unités et les méthodes usitées en photométrie, pour être communiquée au Comité consultatif d'Électricité, près le Comité international des Poids et Mesures.....	258
Le rôle du Comité et du Bureau international des Poids et Mesures vis-à-vis des étalons photométriques; par M. <i>R. Jouaust</i>	261
Note sur la situation actuelle de l'étalon de lumière, communiquée par le Comité consultatif du National Physical Laboratory.....	264

Quelques problèmes actuels de la photométrie moderne au point de vue de la concordance des mesures internationales; par MM. <i>M.-A. Châtelain</i> et <i>P.-M. Tikhodéev</i>	267
Comparaison des unités d'intensité de lumière et de flux lumineux de l'U. R. S. S. avec ceux de l'Allemagne et de la France (Annexe I); par M. <i>P.-M. Tikhodéev</i>	276
Établissement de l'étalon primaire du lumen de l'U. R. S. S., sa copie principale (l'étalon secondaire) et ses étalons-témoins (Annexe II); par M. <i>P.-M. Tikhodéev</i>	285
Établissement de la seconde partie de l'étalon fondamental du lumen de l'U. R. S. S. (à une température voisine de 2500° abs.) (Annexe III); par M. <i>E.-D. Dievjakova</i>	291
La plage de comparaison du photomètre (Annexe IV); par M. <i>P.-M. Tikhodéev</i>	294
Sur le programme des comparaisons internationales des étalons de lumière (Annexe V); par M. <i>P.-M. Tikhodéev</i>	298
Sur une méthode de mesure des sources de lumière n'ayant pas le même spectre (Annexe VI); par M. <i>P.-M. Tikhodéev</i>	301
Décision du Comité consultatif international des Liaisons radiotélégraphiques; réunion de La Haye (septembre 1929).....	304
Rapport sur la proposition du Comité consultatif international de Radioélectricité, de confier au Bureau international des Poids et Mesures l'organisation de la comparaison des mesures de fréquence; par M. <i>R. Jouaust</i>	305
Résolution proposée par le Bureau of Standards concernant les étalons de radio-fréquence; par M. <i>George K. Burgess</i>	308
Rapport sur les comparaisons des unités de résistance électrique en usage en Allemagne, en Grande-Bretagne et aux États-Unis, en 1929 et 1930; par M. <i>George K. Burgess</i>	310
Rapport sur la comparaison des éléments étalons, faite	

89285 Paris. — Imp. Gauthier-Villars et C^{ie}, 55, quai des Grands-Augustins.
