

COMPTES RENDUS DES SÉANCES

DE LA

HUITIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

DES POIDS ET MESURES

RÉUNIE A PARIS EN 1933



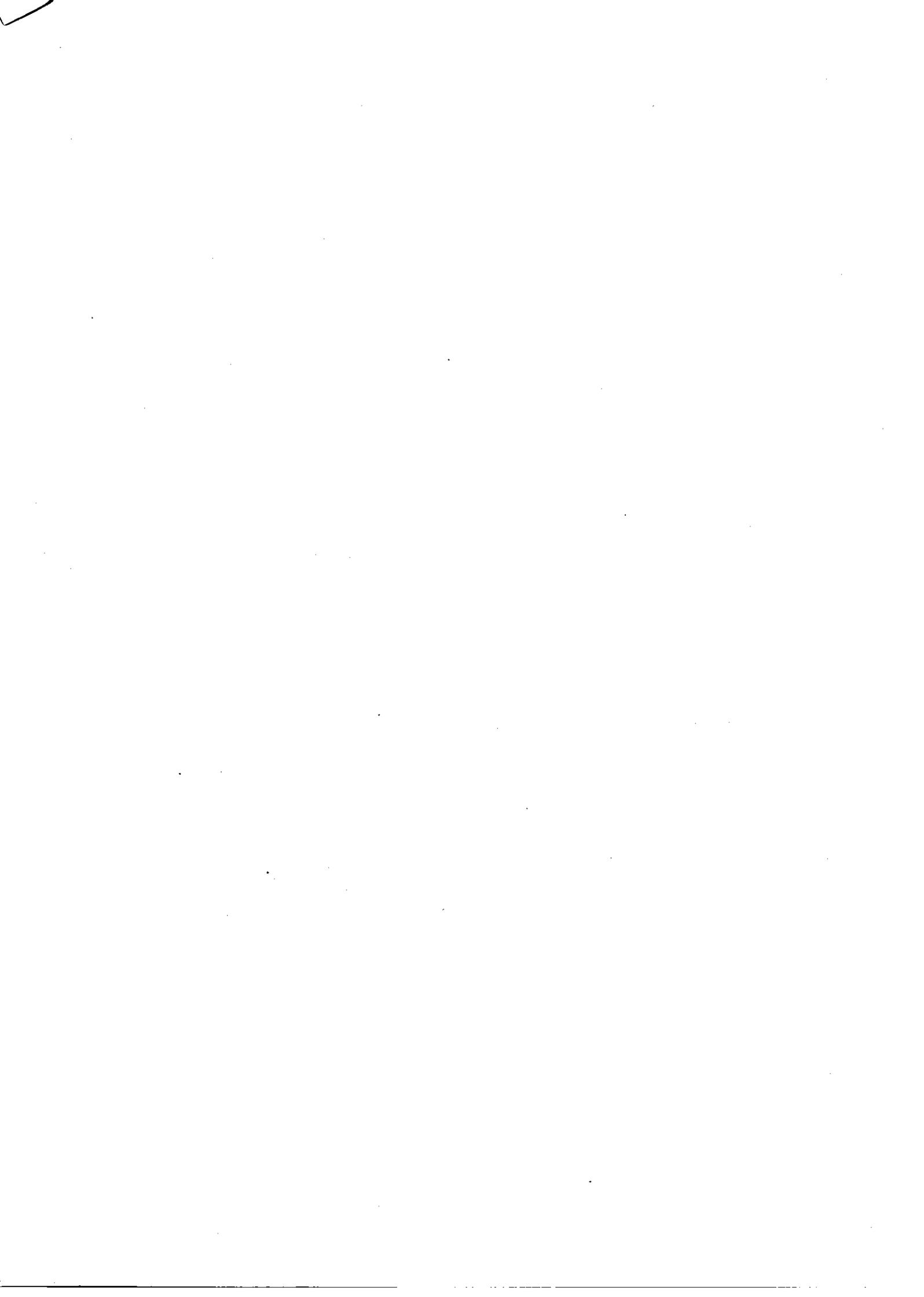
PARIS

LIBRAIRIE-IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

ÉDITEUR DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Quai des Grands-Augustins, 55

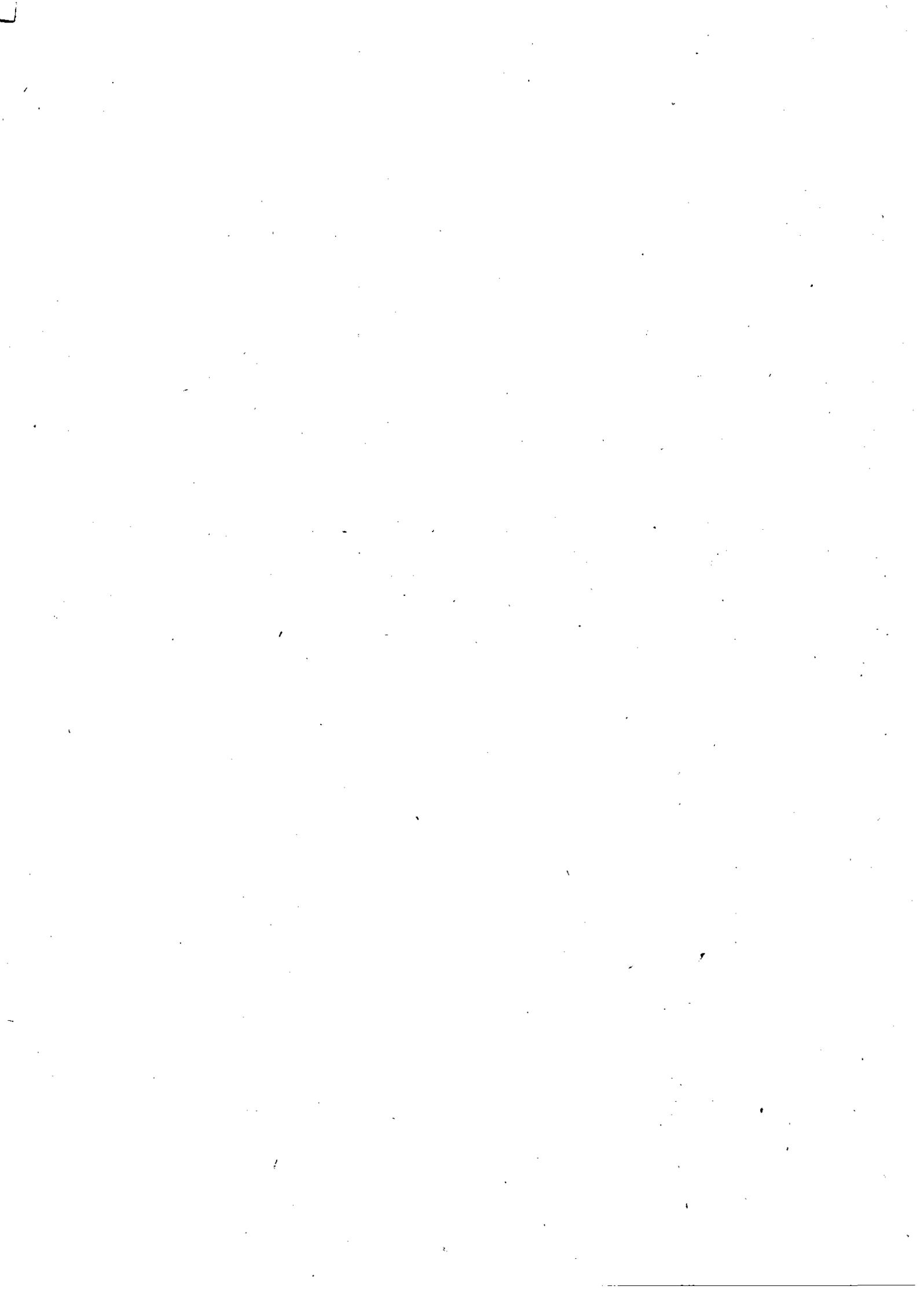
1934



COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
HUITIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

DES POIDS ET MESURES

RÉUNIE A PARIS EN 1933.



COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
HUITIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES

RÉUNIE A PARIS EN 1933

SOUS LA PRÉSIDENTENCE

DE

M. ÉMILE BOREL

Vice-Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

PRÉSIDENT PAR DÉLÉGATION :

M. AIMÉ COTTON

Membre de l'Académie des Sciences.

**Membres de la Conférence,
Délégués des États signataires de la Convention du Mètre
et Membres de droit.**

(Les noms des Membres du Comité international sont précédés du signe *.)

- Allemagne*..... **M. D. FORSTER**, Chargé d'Affaires de l'Ambassade d'Allemagne en France.
***M. W. KÖSTERS**, Directeur de la première Section de la Reichsanstalt, à Berlin.
M. H. VON STEINWEHR, Premier Conseiller de Régence.
M. DZIOBEK, Premier Conseiller de Régence.
- Argentine (République)*.. **S. Exc. M. THOMAS LE BRETON**, Ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire de la République Argentine en France.
M. l'Ingénieur ALBERTO R. MASCIA, Attaché technique à l'Ambassade de la République Argentine en France.

HUITIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

<i>Autriche</i>	M. ALBERT WELLIK, Premier Conseiller technique au Bundesamt für Eich-und Vermessungswesen, à Vienne.
<i>Belgique</i>	M. STÉPHANE DE LANNOY, Directeur général au Ministère Belge de l'Industrie et du Travail.
<i>Bulgarie</i>	M. SAVA KIROFF, Conseiller de la Légation de Bulgarie en France.
<i>Canada</i>	*M. J. C. MAC LENNAN, Ancien Professeur à l'Université de Toronto. M. THOMAS A. STONE, Secrétaire de la Légation du Canada en France.
<i>Chili</i>	M. JORGE DELANO, Attaché commercial à la Légation du Chili en France (1).
<i>Danemark</i>	*M. E. S. JOHANSEN, Professeur à l'École Polytechnique de Copenhague.
<i>Espagne</i>	M. le Général de Brigade JOSÉ GALBIS RODRIGUEZ. M. UBALDO AZPIAZU Y ARTAZU. *M. BLAS CABRERA, Professeur à l'Université de Madrid.
<i>États-Unis d'Amérique</i> ..	M. THÉODORE MARRINER, Chargé d'Affaires à l'Ambassade des États-Unis en France. *M. ARTHUR KENNELLY, Professeur émérite de Sciences électriques, à l'Université de Harvard.
<i>Finlande</i>	N.
<i>France</i>	*M. PAUL JANET, Membre de l'Institut de France, Membre du Bureau National scientifique et permanent des Poids et Mesures. M. A. COTTON, Membre de l'Institut de France, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. M. J. LEMOINE, Membre du Bureau National des Poids et Mesures et de la Commission de Métrologie usuelle. M. G. BRUHAT, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

(1) Le Gouvernement chilien n'a été touché par la convocation à la Conférence que trop tardivement pour faire parvenir son pouvoir; et M. DELANO a été désigné par la Légation du Chili pour représenter son pays à titre d'observateur.

- Grande-Bretagne*..... *M. J. E. SEARS, Superintendant de la Section de Métrologie du National Physical Laboratory, à Teddington.
- Hongrie*..... M. ANDRÉ BALLENEGGER, Inspecteur supérieur royal des Poids et Mesures.
- Irlande*..... M. FREDERICK H. BOLAND, Premier Secrétaire de la Légation d'Irlande en France.
- Italie*..... S. Exc. le Professeur MARIO ORSO CORBINO, ancien Ministre, Sénateur du Royaume.
M. le Docteur STEFANO ASSETTATI, Chef de la Division des Poids et Mesures au Ministère des Corporations.
M. le Commandeur NAPOLÉONE REGGIANI, Directeur de l'Office central métrique.
*M. le Sénateur VITO VOLTERRA, Membre de l'Académie des Lincei.
- Japon*..... *M. H. NAGAOKA, Professeur à l'Université de Tokyo.
M. TATSUMARO MIZOGUCHI, Ingénieur au Ministère du Commerce et de l'Industrie du Japon.
M. SEIKICHI JIMBO, Ingénieur du Laboratoire de l'Électricité au Ministère des Communications du Japon.
M. SHINICHI CHIBA, Deuxième Secrétaire de l'Ambassade du Japon en France.
- Mexique*..... M. OROZCO MUÑOZ, Attaché Commercial à la Légation du Mexique à Bruxelles.
- Norvège*..... *M. D. ISAACHSEN, Directeur honoraire des Poids et Mesures de Norvège.
- Pays-Bas*..... *M. P. ZEEMAN, Professeur à l'Université d'Amsterdam.
- Pérou*..... N.
- Pologne*..... M. ZDZISLAW RAUSZER, Directeur du Bureau national des Mesures de Pologne.
- Portugal*..... N.
- Roumanie*..... *M. C. STATESCU, Directeur général des Poids et Mesures de Roumanie.

<i>Siam</i>	M. LUANG VISUTRA VIRAJADES, Deuxième Secrétaire de la Légation du Siam en France.
<i>Suède</i>	M. ALF GRABE, Directeur de la Monnaie de Suède.
<i>Suisse</i>	S. Exc. M. A. DUNANT, Ministre de Suisse en France. *M. C. M. ROS, Directeur du Laboratoire fédéral d'Essai des Matériaux.
<i>Tchécoslovaquie</i>	*M. VACLAV POSEJPAL, Professeur à l'Université Charles IV, à Prague.
<i>Turquie</i>	M. FAHRI TEVFIK, Attaché commercial à l'Ambassade de Turquie en France.
<i>U. R. S. S.</i>	*M. M. CHATELAIN, Directeur de l'Institut énergétique de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S. M. LÉONIDE VASSILIÉVITCH ZALUTZKY, Sous-Directeur de l'Institut panunioniste de Métrologie et de Standardisation de l'U. R. S. S.
<i>Uruguay</i>	M. R. BENAVIDES, Secrétaire de la Légation de l'Uruguay en France.
<i>Yougoslavie</i>	*M. CÉLESTIN KARGATCHIN, Directeur du Bureau central des Poids et Mesures de Yougoslavie.

Assistent à la Conférence :

M. CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.
M. A. PÉRARD, Sous-Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.

Assistent comme invités :

M. L. LOMBARDI, Directeur du Laboratoire électrotechnique de l'École royale d'Ingénieurs, à Rome.
M. L. MAUDET, Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.
M. C. VOLET, Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

CONSTITUTION DU COMITÉ INTERNATIONAL
ET DE LA
CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES.

Extrait de la Convention du Mètre : article 3.

« Le Bureau international fonctionnera sous la direction et la surveillance exclusives d'un Comité international des Poids et Mesures, placé lui-même sous l'autorité d'une Conférence générale des Poids et Mesures, formée de délégués de tous les Gouvernements contractants. »

Extrait du Règlement annexé à la Convention du Mètre : article 7.

« La Conférence générale, mentionnée à l'article 3 de la Convention, se réunira à Paris, sur la convocation du Comité international, au moins une fois tous les six ans.

» Elle a pour mission de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour la propagation et le perfectionnement du Système métrique, ainsi que de sanctionner les nouvelles déterminations métrologiques fondamentales qui auraient été faites dans l'intervalle de ses réunions. Elle reçoit le Rapport du Comité international sur les travaux accomplis, et procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du Comité international.

» Les votes, au sein de la Conférence générale, ont lieu par États; chaque État a droit à une voix.

» Les membres du Comité international siègent de droit dans les réunions de la Conférence; ils peuvent être en même temps délégués de leurs Gouvernements. »

PROGRAMME SOMMAIRE ET ORDRE DU JOUR
DE LA HUITIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES.

Séance d'inauguration au Ministère des Affaires Étrangères, à Paris,
le mardi 3 octobre 1933, à 14 heures 30.

Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères de la République française.

Réponse de M. le Président du Comité international des Poids et Mesures.

Discours d'ouverture de M. le Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Président de la Conférence.

Séances ultérieures au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, dans la salle des séances
du Comité international des Poids et Mesures.

Deuxième séance, le mercredi 4 octobre à 15^h.

Troisième séance, le vendredi 6 octobre à 15^h.

Quatrième séance, le mardi 10 octobre, à 15^h.

Éventuellement, cinquième séance.

Programme provisoire.

1. Présentation des titres accréditant les Délégués.
 2. Nomination du Secrétaire de la Conférence.
 3. Établissement de la liste des États adhérents à la Convention et représentés à la Conférence; indication des noms des Délégués chargés du vote pour chacun des États.
 4. Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis l'époque de la dernière Conférence.
 5. Résultats des travaux exécutés au cours de la première vérification périodique des mètres prototypes nationaux et des copies d'usage du Bureau international; résolutions concernant la révision des certificats des prototypes nationaux.
 6. Visite des nouveaux locaux. Salle pour les comparaisons électriques. Nouvelle salle pour l'étude des longueurs d'onde lumineuses. Bureaux.
 7. Appareils nouveaux. Comparaisons entre les bases murales de divers pays.
 8. Matériaux destinés à la confection des masses étalons.
 9. Étude des longueurs d'onde étalons.
 10. Échelle absolue de température.
 11. Valeurs des ohms étalons et des volts étalons (représentés par des éléments Weston) appartenant à divers pays.
 12. Travaux du Comité consultatif d'Électricité, et constitution d'un Comité consultatif de Photométrie.
 13. Substitution du système d'unités électriques absolues au système international.
 14. Adoption du radiateur intégral (corps noir) comme étalon fondamental de lumière.
 15. Dotation du Bureau international.
 16. Législations.
 17. Exposé des progrès du Système Métrique du point de vue technique et administratif.
 18. Propositions de MM. les Délégués ou du Comité international.
 19. Renouvellement par moitié du Comité international.
 20. Règlement du Comité et questions diverses.
-

COMMENTAIRES DE QUELQUES ÉLÉMENTS DU PROGRAMME.

(5). *Résultats des travaux exécutés au cours de la première vérification périodique des mètres prototypes nationaux et des copies d'usage du Bureau international.* — Les résultats obtenus dans la comparaison des prototypes nationaux avec les étalons du Bureau ont été communiqués déjà à la Sixième Conférence générale des Poids et Mesures, en l'année 1921. Mais, à cette époque, les résultats de ces déterminations n'étaient ni assez nombreux, ni assez certains pour que la Conférence pût prendre une résolution les concernant.

Depuis lors, des expériences minutieuses ont pu être faites, desquelles il résulte d'une façon certaine que les différences conclues des déterminations primitives entre les dilatabilités des prototypes, étaient dues à de très petites erreurs d'observation.

Nous avons remplacé l'ancien comparateur à dilatation par un instrument plus pratique et donnant des résultats plus sûrs. Ses microscopes possèdent un plus fort grossissement, et surtout, les objectifs étant plus ouverts, ils ont une meilleure définition.

Le Bureau a fait une détermination très complète de la dilatation des étalons semblables au Mètre prototype et des étalons T_2 et T_3 provenant d'autres coulées et appartenant au Bureau. Le premier avait été retracé par J.-René Benoit en 1909. Le second est un des témoins des prototypes nationaux.

A ces mesures, ont pris part MM. Guillaume, Pérard, Maudet et Volet. Tout le travail a été fait indépendamment par chacun des observateurs. On a trouvé pour coefficient de dilatation moyen entre 0° et 18° : $(\alpha + \beta\theta)$, et pour coefficient à 18° : $(\alpha + 2.18\beta)$, les valeurs :

		A 18° .
Coulée principale.....	$(8,6176 + 0,00189\theta).10^{-6}$	8,6856
Règle T_2	$(8,6188 + 0,00189\theta).10^{-6}$	8,6868
Règle T_3	$(8,6097 + 0,00189\theta).10^{-6}$	8,6777

Mais d'autres expériences ont été faites à l'appareil Fizeau sur des échantillons de ces règles. Le coefficient β est déterminé avec une précision plus grande dans ces mesures que dans les premières, en raison du plus large intervalle de température (0° - 100°) employé. Ce coefficient, d'après les mesures à l'appareil Fizeau, est égal à $1,77.10^{-9}$. Nous avons ramené la dilatation des règles à une valeur qui contient un deuxième coefficient égal à $1,8.10^{-9}$, équivalent arrondi de $1,77.10^{-9}$. En modifiant le coefficient α de façon à avoir les dilatabilités les plus voisines de celles qui sont données par les formules ci-dessus, on obtient les formules suivantes :

		A 18° .
Coulée principale.....	$(8,6210 + 0,00180\theta).10^{-6}$	8,6858
Règle T_2	$(8,6220 + 0,00180\theta).10^{-6}$	8,6868
Règle T_3	$(8,6131 + 0,00180\theta).10^{-6}$	8,6779

Pour la coulée du Conservatoire, on admettra

$$(8,6014 + 0,00180\theta).10^{-6}.$$

Tous ces nombres sont très voisins de ceux que nous avons indiqués lors de la Septième Conférence.

(6). *Nouveaux locaux.* — Pour faire les comparaisons électriques décidées par la XIX.

Septième Conférence générale des Poids et Mesures, le Bureau a eu besoin de nouveaux locaux. Le Gouvernement français ayant consenti à étendre le terrain qui lui était concédé, il a pris 5 mètres sur l'allée du parc de Saint-Cloud allant au Nord, et la grille formant la clôture du territoire du Bureau a été reculée d'autant; elle a été complétée par un mur à angle droit de l'axe du Bureau.

Le bâtiment a été construit à la suite des laboratoires, et sur le même modèle : murs à double paroi, etc. On en a profité pour installer un chauffage, dont bénéficie aussi l'ancien bâtiment. Les constructions sont maintenant terminées, et sont tout à fait satisfaisantes. Elles ont été faites en grande partie au moyen d'une subvention de 900 000 fr., accordée au Bureau par l'International Board of Education (Fondation Rockefeller). Mais, par suite d'une erreur dans l'évaluation des constructions, et aussi de l'augmentation des salaires provoquée par les Assurances Sociales, le devis du bâtiment s'est trouvé sensiblement dépassé, de sorte que le Bureau a dû fournir environ 500 000 fr. sur ses réserves.

Comparaisons électriques. — Le Bureau est organisé pour la comparaison des résistances électriques et des forces électromotrices des éléments. Nous avons comparé entre eux les ohms-étalons appartenant au Bureau of Standards, au National physical Laboratory, à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, au Laboratoire central d'Électricité et au Laboratoire électrotechnique de Tokio, ainsi que des éléments Weston dont la force électromotrice avait été déterminée dans ces divers Laboratoires. Les valeurs que nous avons trouvées sont les suivantes :

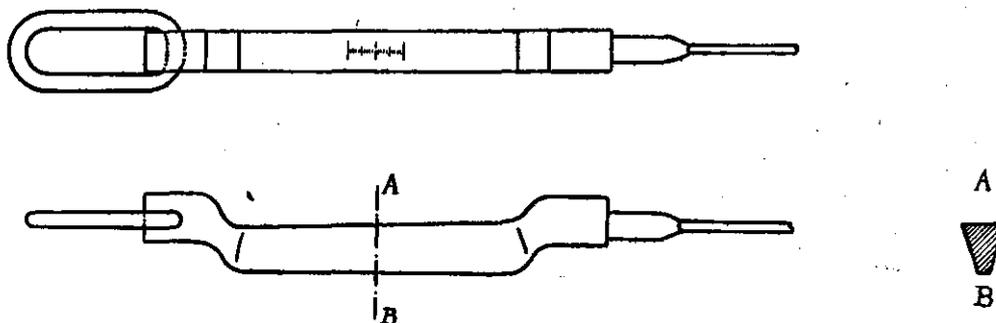
Pour les résistances électriques :

Allemagne (P. T. R.).....	0,9999875
Angleterre (N. P. L.).....	0,9999763
France (L. C. E.).....	1,0000623
Japon (E. T. L.).....	0,9999739

Pour les forces électromotrices :

Allemagne (P. T. R.).....	1,000010
Angleterre (N. P. L.).....	1,000003
États-Unis (N. B. S.).....	0,999983
Japon (E. T. L.).....	1,000003

(7). *Comparaisons des étalons géodésiques.* — Nous avons envoyé des fils au



National physical Laboratory, à Teddington, et à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, à Berlin, pour qu'ils soient comparés aux bases de ces deux Établissements. Les

résultats n'ont pas été entièrement satisfaisants, parce que l'observation des traits des réglottes montées sur les fils, par rapport aux repères de la base, était faite au Bureau à l'œil nu ou tout au plus à la loupe, et il était impossible de dire d'avance quelle partie du trait on avait pointée dans les autres établissements, au microscope micrométrique. En particulier, les traits de nos réglottes montraient une petite déviation à leur extrémité, qui pouvait être interprétée de différentes façons. Pour remédier à ce défaut, nous avons construit des fils spéciaux, qui peuvent être déterminés directement par les microscopes des bases, et doivent contrôler leur distance très exactement. Ces fils sont munis, à leurs extrémités, de réglottes spéciales, qui ont la forme représentée ci-contre.

Ces réglottes, montées aux extrémités d'un fil tendu sous l'effort de 10 kilogrammes-poids, ont leur face supérieure horizontale, par conséquent perpendiculaire à l'axe des microscopes. Nous avons envoyé ces fils au Bureau national des Mesures, à Varsovie, et au Bureau of Standards. Les résultats ne sont pas encore entièrement discutés.

(8). *Matériaux destinés à la confection des masses étalons.* — Le platine iridié employé pour confectionner les masses étalons a donné toute satisfaction, mais son prix est trop élevé pour des étalons qui ne sont pas de tout premier ordre. Nous employons couramment le baros, alliage de nickel-chrome non magnétique, qui a semblé au début donner des étalons de masse constants dans le cours du temps. Mais, au bout de quelques années, nous avons remarqué que la masse décroissait, probablement par suite de la perte de gaz. On y a remédié à peu près en chauffant les poids pendant longtemps dans le vide, avant leur achèvement. Dans cette opération, ils perdent une quantité notable de gaz, et les masses sont ensuite beaucoup plus constantes. Toutefois, nous n'avons pas considéré ces pièces comme devant représenter pendant un temps indéfini la même valeur, et nous avons cherché la solution dans l'emploi d'autres métaux. Le tantale nous a paru d'abord devoir constituer une bonne solution. Nous y avons toutefois renoncé, parce qu'on n'a pas pu nous fournir de poids en tantale supérieurs à 200^g, et d'ailleurs, le prix de ces étalons de masse était encore très élevé. Nous avons eu recours alors au tungstène, dont la densité est 19,5, et qui est inattaquable aux acides et au mercure à la température ordinaire. Les essais ne sont pas terminés, parce que nous n'avons pas pu nous procurer encore des masses de 1^{kg} absolument exemptes de piqûres ou de criques. Cependant, nous avons bon espoir d'y arriver.

Le Service français des Poids et Mesures a utilisé un acier inoxydable, l'*Uranus 10*, expérimenté au Bureau international, qui est non magnétique et qui paraît très stable.

(12). *Constitution d'un Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie.* — Conformément à la décision adoptée à l'unanimité par la Conférence de 1927, le Comité international des Poids et Mesures a organisé un Comité consultatif d'Électricité, composé de représentants des laboratoires nationaux et de spécialistes désignés par le Comité international. Le Comité consultatif d'Électricité s'est réuni trois fois : en 1928, en 1930 et en 1933. Il a pris plusieurs décisions importantes; mais il a constaté que l'unité de lumière devait être également discutée; il a demandé au Comité international qu'il soit constitué un deuxième Comité, chargé de la Photométrie; nous prions donc la Conférence générale de vouloir bien prendre en considération la constitution de ce Comité.

(13). *Substitution du système d'unités électriques absolues au système international.* — Des avis exprimés au Comité consultatif d'Électricité, il ressort que la reproductibilité des grandeurs électriques par des mesures absolues exprimées en fonction des unités de longueur, de masse et de temps, a atteint un degré de précision tel qu'elle rivalise avantageusement avec celle des étalons primaires approchés, basés sur la résistance d'une colonne mercurielle et sur l'électrolyse de l'azotate d'argent.

Dans sa session de 1933, en effet, le Comité consultatif d'Électricité a émis le vœu suivant :

« Le Comité consultatif confirme le vœu que le système absolu soit définitivement substitué au système international et pense qu'il y aurait lieu que le Comité international des Poids et Mesures priât la Conférence des Poids et Mesures de sanctionner le principe de cette substitution.

» En considérant d'autre part qu'un certain nombre des Laboratoires nationaux n'ont pas encore terminé les mesures nécessaires pour relier les unités internationales aux unités absolues, il propose de reculer jusqu'à l'année 1935 la fixation provisoire du rapport entre chaque unité internationale et l'unité absolue correspondante.

» Il exprime le vœu qu'à cette date le Comité international des Poids et Mesures ait obtenu de la Conférence générale des Poids et Mesures les pouvoirs nécessaires pour fixer, sans attendre une autre Conférence, ces rapports ainsi que la date d'adoption des nouvelles unités. »

(14). *Adoption du radiateur intégral (corps noir) comme étalon fondamental de lumière.* — Les premiers étalons de lumière furent des étalons à flamme de dimensions géométriques bien déterminées (Carcel, Vernon-Harcourt, Hefner), qui donnaient des intensités lumineuses à peu près constantes. Plus tard, sur la proposition de Violle, on adopta comme unité d'intensité lumineuse la quantité de lumière rayonnée normalement par un centimètre carré de platine à sa température de solidification. Mais il fut reconnu que ces spécifications étaient insuffisantes, car elles ne tenaient pas compte de la lumière réfléchiée par les parois de l'enceinte contenant le métal en fusion, et l'on utilisa pratiquement, comme étalons d'intensité lumineuse, des groupes de lampes à filament de carbone, soigneusement conservées dans les laboratoires. Grâce aux progrès de nos connaissances sur les lois du rayonnement, on a constaté qu'on pourrait perfectionner l'étalon Violle en prenant pour point de départ des mesures d'intensité lumineuse la brillance d'une enceinte fermée isotherme et imperméable à la chaleur. Une telle enceinte (dénommée *radiateur intégral* ou *corps noir*) peut être pratiquement réalisée en maintenant un corps creux, n'ayant qu'une faible ouverture, dans un métal à sa température de solidification. Les expériences tentées en divers pays pour réaliser un radiateur intégral à la température de solidification du platine ont conduit à des résultats assez concordants pour qu'on puisse envisager d'ores et déjà la possibilité d'utiliser ce corps noir pour la conservation de l'unité d'intensité lumineuse.

(15). *Dotation du Bureau international.* — La Convention du Mètre prévoit une dotation annuelle de 125 000 ou de 150 000 anciens francs-or. Le Comité s'est rallié au chiffre le plus élevé, à cause des frais supplémentaires entraînés par l'édification du nouveau bâtiment et les travaux sur les nouvelles unités. Quoique les pertes accidentelles de ces dernières années aient épuisé les réserves du Bureau, le Comité a estimé

que la difficulté des temps présents ne permettait pas d'envisager actuellement une augmentation de cette dotation; et il ne demande, sur ce point, aucune modification de la Convention.

(19). *Renouvellement par moitié du Comité international.* — La Conférence aura à voter pour la constitution du Comité international. La moitié des membres du Comité, et parmi eux ceux qui ont été désignés, à titre provisoire, depuis la dernière Conférence, seront soumis à l'élection.

(20). *Questions diverses.* — Lors de la session de 1931, la Commission des Travaux du Comité international a émis l'avis que le Bureau serait chargé de rassembler toute la documentation sur les abréviations existantes dans les divers pays, et de présenter un rapport sur ce sujet à la prochaine Conférence générale. C'est ce rapport qui a été distribué en épreuves parmi les membres de la Conférence.

PREMIÈRE SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

LE MARDI 3 OCTOBRE 1933, A 14 HEURES ET DEMIE

Sont présents :

- A. *Le Président de la Conférence* : M. ÉMILE BOREL *et le Président par délégation* :
M. AIMÉ COTTON.
- B. *Les Délégués* : MM. ASSETTATI, BALLENEGGER, CABRERA, CHIBA, CORBINO,
DE LANNOY, DELANO, DUNANT, DZIOBEK, FAHRI TEVFIK, GALBIS, GRABE,
ISAACHSEN, JANET, JIMBO, JOHANSEN, KARGATCHIN, KENNELLY, KÖSTERS, LEMOINE,
MAC LENNAN, MARRINER, MASCIAS, MIZOGUCHI, OROZCO MUÑOS, POSEJPAL,
RAUSZER, REGGIANI, ROŠ, SEARS, VON STEINWEHR, STONE, VIRAJJADES,
VOLTERRA, WELLIK, ZALUTZKY, ZEEMAN.
- C. *Le Directeur et le Sous-Directeur du Bureau* : MM. GUILLAUME et PÉRARD.
- D. *Les invités* : MM. MAUDET et VOLET.

En ouvrant la session de la Huitième Conférence générale des Poids et Mesures, Son Excellence M. Louis SERRE, Ministre du Commerce et de l'Industrie, dans une brillante improvisation, salue, au nom du Gouvernement de la République française, les savants délégués des 32 États adhérant à la Convention du Mètre. Il dit les regrets de M. Paul Boncour, Ministre des Affaires Étrangères, à qui la présidence de cette séance inaugurale revenait de droit, mais qui se trouve retenu à Genève par les graves devoirs de sa charge. Et, après un magnifique tableau de l'œuvre accomplie par les précédentes Conférences, il souhaite à celle qui commence un plein succès dans ses travaux.

M. Vito VOLTERRA, Président du Comité international des Poids et Mesures, répond dans les termes suivants :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

» Je vous prie d'abord de vouloir bien accueillir tous nos remerciements pour l'intérêt que vous nous témoignez, au milieu des graves responsabilités dont

vous avez la charge, en acceptant la présidence de cette première séance, et pour les paroles aimables que vous venez d'adresser au Comité international et au Bureau.

» J'exprime aussi la reconnaissance du Comité envers l'Académie des Sciences qui, en continuant les anciennes traditions qui la rattachent au Bureau international depuis sa fondation, a bien voulu nous envoyer aujourd'hui, comme son représentant, l'illustre mathématicien M. Borel, que nous voyons avec le plus grand plaisir à notre tête, et que j'ai personnellement l'honneur de compter parmi mes meilleurs amis.

» La Septième Conférence générale des Poids et Mesures a vu la célébration du cinquantième anniversaire de la création du Bureau international. A cette solennité, on a rappelé l'histoire de notre Institution, la doyenne, entre toutes, des institutions scientifiques internationales. Sans revenir aujourd'hui sur les éloges prononcés à cette occasion, nous ne pouvons nous empêcher de manifester à nouveau notre satisfaction la plus profonde devant l'évolution ininterrompue et les admirables progrès qu'ont accomplis les idées sur l'unification des mesures depuis l'année 1799, où elles ont pris naissance en France pour se répandre peu à peu dans le monde entier.

» Le cinquantenaire que nous venons de rappeler semble avoir été le signe d'une vie nouvelle pour le Bureau.

» Les dernières années ont été marquées par l'essor exceptionnel de la Physique; les arts mécaniques, la science de l'ingénieur, les différentes branches de la chimie ont ressenti l'effet merveilleux des découvertes récentes. Celles-ci d'un côté semblent borner les limites du monde, et d'un autre côté elles nous font pénétrer dans des domaines jusqu'à présent inaccessibles par l'extrême petitesse de leurs dimensions.

» Si notre Comité s'était cantonné dans les limites qui lui avaient été primitivement assignées, il eût méconnu ce grand mouvement. Toujours attentif au contraire aux tendances modernes, il a considéré que son devoir était de ne pas s'immobiliser, mais de progresser constamment et d'assumer les charges correspondant aux nouveaux besoins de la science et de la technique.

» La dernière Conférence avait décidé que dorénavant le Bureau aurait dans ses attributions les unités électriques. Comme le Comité international ne comprenait pas dans son sein tous les spécialistes particulièrement initiés à cette nouvelle branche d'activité, il a ressenti le besoin d'être conseillé, et a institué, avec l'autorisation de la Conférence, le Comité consultatif d'Électricité. Ce Comité lui-même a estimé qu'il serait souhaitable que les questions de photométrie fussent étudiées par un organisme semblable, et la Huitième Conférence sera saisie de la question de constituer un Comité consultatif de photométrie.

» L'entrée en action du Comité consultatif a été marquée par une manifesta-

tion d'une grande portée : la proposition capitale tendant au remplacement des unités électriques internationales actuelles par les unités absolues, d'une exécution aussi précise, et d'ailleurs d'une grandeur sensiblement différente.

» Une deuxième manifestation du Comité se rapporte à l'unité de lumière. Après avoir envisagé les flammes, puis un métal en cours de solidification, puis des lampes électriques de construction spéciale, voici que les photométristes vont proposer comme étalon de lumière le corps noir à une température déterminée. Le puissant intérêt suscité par la création d'un Comité consultatif est manifesté par le grand nombre de notes et de rapports qui lui ont été fournis, émanant non seulement des instituts d'état, mais encore de diverses facultés scientifiques.

» Le Bureau s'est déjà outillé pour les comparaisons électriques, qui ont fourni des résultats intéressants. Les étalons de résistance et de force électromotrice de différents pays ont été confiés au Bureau, qui les a comparés entre eux et avec les étalons de premier ordre qui se trouvaient en sa possession. Ce n'est là que l'embryon de la tâche fertile que l'on attend de lui dans l'avenir.

» Pour l'installation des instruments nécessités par les recherches électriques, de nouveaux locaux étaient nécessaires. Comme il n'était plus possible de les prélever sur l'ancien bâtiment, déjà trop exigü pour les travaux actuels, on a émis le projet d'édifier un autre laboratoire, faisant suite à l'ancien et sur le même alignement.

» Ce projet a pu être réalisé grâce à la générosité de la Fondation Rockefeller, qui nous a attribué une subvention s'élevant intégralement au chiffre inscrit sur le devis de l'architecte. Ce chiffre a été largement dépassé ; mais le Bureau a pu combler la différence par les économies réalisées dans sa gestion. Nous exprimons nos plus sincères remerciements à l'Institution Rockefeller. Nous devons témoigner aussi notre reconnaissance au Gouvernement français, qui a bien voulu agrandir le domaine de Breteuil, mis à la disposition du Bureau, par l'adjonction d'une large bande de terrain prélevée sur la magnifique allée du parc de Saint-Cloud. Une fois de plus, ce Gouvernement a suivi ses anciennes et nobles traditions d'assistance et de sympathie envers l'institution à laquelle il accorde une si bienveillante hospitalité. L'intérêt que le Gouvernement de la République porte aux questions de métrologie s'est aussi manifesté dans les perfectionnements récents qu'il vient d'apporter à son propre Service des Poids et Mesures, par la création d'un corps spécial d'ingénieurs, et par la révision en cours des étalons français de longueur, de masse et de capacité.

» En donnant un coup d'œil aux six années écoulées depuis la dernière Conférence, nous avons signalé les travaux nouveaux que le Bureau a exécutés

et les entreprises qu'il va désormais poursuivre. Est-il besoin d'affirmer que ses occupations anciennes n'ont été aucunement abandonnées ?

» Le Bureau international a pu, à l'aide des prototypes métriques qu'il possède maintenant, s'assurer de leur valeur à tout moment. Actuellement, les prototypes mis à sa disposition permanente sont au nombre de trois. Deux d'entre eux sont les étalons d'usage qui seuls auparavant servaient à ses travaux. Le troisième est un étalon de contrôle retracé par J.-René Benoit, et comparé en 1921 au Mètre international. Depuis lors, ces étalons ont été régulièrement contrôlés les uns par les autres; et les équations des nouvelles longueurs ont par là une garantie supplémentaire. A l'exception de quelques-uns seulement, les étalons, distribués en 1889 aux divers États, sont revenus au Bureau à partir de l'année 1919. De l'étude à laquelle ils ont été soumis, il résulte que la plupart d'entre eux ont conservé leurs anciennes équations à 0^u,1 près, et il en est à peine un ou deux qui accuseraient une variation voisine du demi-micron. C'est une uniformité de cet ordre que le Bureau international a créée dans le monde entier. Cette précision dans les mesures était d'ailleurs conditionnée par la connaissance de la dilatabilité exacte des règles. Le résultat très satisfaisant, auquel il est parvenu au prix d'un travail considérable, sera présenté à cette session.

» Les méthodes de mesure par les ondes lumineuses, que Michelson a mises en œuvre pour la première fois au Bureau, se sont notablement perfectionnées depuis cette époque. On était à peu près limité autrefois au rayonnement du sodium et du cadmium; on utilise maintenant les raies du mercure, de l'hélium, du néon et du krypton, qui ont été étudiées avec un soin minutieux, et qui sont susceptibles de fournir une précision extrême dans les mesures. Le krypton donne des radiations assez monochromatiques pour permettre l'observation des interférences à des différences de marche de l'ordre de 400 millimètres, ce qui double la longueur des étalons déterminés par ce procédé. C'est ainsi que des gaz, dont l'existence n'était pas soupçonnée il y a quarante ans, sont devenus les facteurs essentiels du progrès métrologique.

» Les problèmes posés autrefois au Bureau international n'en restent pas moins d'actualité; mais ils reçoivent des solutions de plus en plus satisfaisantes grâce aux progrès techniques de la métrologie. Au sujet des étalons de masse, une difficulté revient constamment : celle de la confection d'étalons sûrs et de prix accessible. Le platine iridié reste, semble-t-il, l'alliage de choix pour les prototypes de premier ordre; mais son prix de revient est trop élevé pour les étalons de laboratoire. On utilise alors le baros, alliage de nickel-chrome non magnétique, ou encore un acier-nickel-chrome inoxydable, l'Uranus, étudié au Bureau international et essayé par la Commission française des Poids et Mesures.

Des recherches ont été exécutées au Bureau sur le tantale et le tungstène, métaux de forte densité et pleins de promesses.

» C'est avec la plus profonde émotion, avant d'abandonner la parole, que je tiens à envoyer un pieux salut aux membres décédés du Comité :

» à Paul APPELL, le grand géomètre dont tous les savants regrettent la perte;
 » à Raoul GAUTIER, qui présida pendant plusieurs années nos travaux avec un tact si exquis;

» à Dimitrij KONOVALOV, chimiste d'une valeur exceptionnelle;
 » au Major Percy A. MACMAHON, illustre et savant mathématicien;
 » à Albert A. MICHELSON, le célèbre physicien qui exécuta au Bureau des travaux devenus classiques;

» enfin à Samuel W. STRATTON, physicien et ingénieur universellement connu, à qui le Comité doit la plus sincère reconnaissance pour les grands services qu'il lui a rendus.

» Nous regrettons que MM. de BODOLA, TANAKADATE, TORRES Y QUEVEDO se soient retirés de nos réunions; mais ils nous restent attachés, et comme membres honoraires du Comité, ils sont toujours des collègues bien aimés.

» Nous souhaitons la bienvenue aux nouveaux élus : MM. CABRERA, CHATELAIN, JANET, JOHANSEN, KENNELLY, MACLENNAN, NAGAOKA, POSEJPAL, ROŠ, SEARS, STATESCU, ZEEMAN. Les beaux travaux auxquels leurs noms sont attachés sont les sûrs garants de la haute science dont ils vont nous apporter la collaboration; et il n'est pas douteux qu'ils continueront avec le même succès l'œuvre de leurs devanciers.

» Nous saluons avec la plus sincère satisfaction l'adhésion des Pays-Bas et de la Turquie à la Convention du Mètre.

» Ainsi, le Système Métrique, fondé par les savants français de l'époque de la Révolution, marque ses progrès, non seulement par la précision toujours plus haute à laquelle il atteint, et par l'extension du domaine technique auquel il s'applique, mais aussi par la multitude toujours plus imposante des peuples qui sont appelés à profiter de ses bienfaits. »

M. ÉMILE BOREL, Vice-Président de l'Académie des Sciences, Président de la Conférence, prononce le discours suivant :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

» MESSIEURS,

» C'est au Président de l'Académie des Sciences, mon éminent confrère, M. CHARLES RICHTER que devait échoir d'après vos statuts, l'honneur de prendre la

parole comme Président de votre Conférence. M. CHARLES RICHEL étant empêché, j'ai l'honneur et la charge, dont je sens tout le prix, de vous souhaiter la bienvenue au nom de l'Académie des Sciences de Paris.

» Si la Conférence internationale du Mètre a donné ainsi une place privilégiée à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, c'est sans doute parce que tous ses travaux sont dominés par la loi française du 18 germinal an III (7 avril 1795) instituant le Système Métrique.

» Les promoteurs de cette réforme fondamentale ont d'ailleurs certainement pensé à l'utilité commerciale d'un système de mesures pratiques et universelles, plutôt qu'à son intérêt scientifique. Ils ont voulu unifier les poids et mesures dans la France entière et en même temps, par le choix de leur unité, rendre possible l'extension de ce système français à un grand nombre de pays. La présence dans cette salle des délégués d'un grand nombre d'États montre combien ils avaient vu juste.

» Il est cependant certaines des dispositions de la loi de germinal qui n'ont pas eu la même fortune que les autres. Ce sont celles qui définissent la valeur de la monnaie en la rattachant au Système Métrique par la fixation de la valeur du kilogramme d'argent et par l'établissement d'un rapport fixe entre l'argent et l'or. A la suite de circonstances trop connues pour qu'il soit besoin de les rappeler, c'est seulement en Suisse que reste en vigueur le franc de germinal. Ce n'est pas le seul exemple donné par la République helvétique de sa fidélité à ses principes et à ses traditions.

» Il n'est pas douteux cependant qu'une unité de mesure internationale de la monnaie ne serait pas moins utile pour les relations commerciales qu'une unité de mesure internationale des longueurs et des poids. L'erreur commise par le législateur de germinal a été de supposer qu'un rapport fixe pouvait être établi par la loi entre la valeur de l'or et celle de l'argent. On sait aujourd'hui que si l'on voulait baser un système monétaire sur un bi-métallisme ou un poly-métallisme, les divers métaux devraient être utilisés simultanément, chacun dans une certaine proportion pour la définition de l'unité monétaire, et non point alternativement comme on essaya de le faire pendant une grande partie du XIX^e siècle.

» Le jour où les États se rendront compte des avantages considérables que présenterait l'unification internationale de l'unité monétaire, ils réuniront sans doute une conférence analogue à celle-ci, dans laquelle, à côté de savants, siégeront des financiers et des économistes. Mais j'ai hâte de terminer cette trop longue digression pour en venir à l'objet principal de nos travaux et essayer d'esquisser à grands traits les progrès réalisés dans la science comme conséquence de la Convention du Mètre.

» Originellement, cette Convention avait un programme limité à la détermi-

nation des mètres et des kilogrammes prototypes qui seraient distribués aux États. Même, après cette distribution, les crédits étaient diminués et le Bureau international réduit à tel point, qu'il ne pourrait plus reprendre la marche ascendante qu'on avait prévue pour lui pendant les premières années.

» Mais il était dirigé par des hommes qui ne voulaient pas le laisser périliter, et qui cherchaient sans cesse à accroître la perfection et l'étendue de leurs mesures. Ainsi, dans la première période, on s'appliqua à perfectionner la thermométrie. Dans les premières années, les noms de Benoît et Pernet reviennent à chaque instant, liés aux thermomètres. Il fallait que cet instrument arrivât à une perfection telle que les indications de plusieurs thermomètres à la même température fussent les mêmes, ce que Regnault avait déclaré impossible. On y arriva cependant, et dès lors, le Bureau possédait une échelle de température parfaitement déterminée. Toutefois, ce n'était pas encore l'échelle normale, basée sur la dilatation de l'hydrogène, et nous voyons apparaître les noms de Chappuis et Guillaume, qui dotèrent la science de la première échelle rationnelle de température, comprise entre le point de solidification du mercure et le point d'ébullition de l'eau. Peu après, nous voyons Callendar et Griffiths employer l'échelle donnée par la variation de résistance du platine, et étendre à plusieurs centaines de degrés l'échelle qui avait été donnée par Chappuis et Guillaume. Au Bureau international, Chappuis et Harker avaient étudié le thermomètre à résistance de platine, en le comparant au thermomètre à gaz de 0° à 600°.

» En même temps, Benoît exécutait ses remarquables travaux sur l'ohm légal, et dotait la France de nouveaux étalons. Guillaume employait ses méthodes pour déterminer la variation de résistance du mercure avec la température jusqu'à 100°. Plus tard, H. Le Châtelier indiquait le couple platine-platine rhodié, dont la force électromotrice déterminait un très large intervalle de température, de 0° à 1500°. Maintenant, des normes ont été données pour l'échelle de température, et celle-ci a été déterminée en Angleterre, en Allemagne et aux États-Unis, de telle sorte que l'on possède actuellement une échelle bien déterminée de la température, depuis les températures très basses jusqu'à 1500° environ.

» En 1889, la Première Conférence du Mètre distribua aux États les étalons de platine iridié qui représentaient la longueur du mètre et la masse du kilogramme avec une précision qui n'a pas été dépassée depuis lors. Ces étalons sont revenus au Bureau, à partir de 1919, et la plupart avaient la même valeur qu'au départ; quelques-uns seulement ont montré des variations, mais aucun ne s'éloigne de la valeur primitive de 1 micron.

» On a sans cesse perfectionné les étalons eux-mêmes avec des tracés de plus en plus parfaits, à tel point que, dans un rapport récent, M. Guillaume parle de trois étalons appartenant au Bureau et dont les valeurs respectives sont constantes à 2 centièmes de micron près. Mais ce n'est pas tout.

» En 1892, un jeune Américain alors peu connu, mais qui devait devenir le célèbre physicien Albert-A. Michelson, vint au Bureau international pour comparer les longueurs d'onde lumineuses au Mètre, et après un travail pour lequel il fut aidé par J.-R. Benoit, il put enfin donner les valeurs des longueurs d'onde au millionième près, alors que, par les travaux célèbres de Rowland, on ne connaissait qu'au 30 000^{ième} près les valeurs des longueurs d'onde. Ce travail a été répété quelques années plus tard par MM. Benoit, Fabry et Pérot, qui employaient la méthode fondamentale qu'avait indiquée Michelson, mais des procédés d'exécution plus simples et apparemment plus précis. Les longueurs d'onde déterminées par MM. Benoit, Fabry et Pérot concordent à 2 dix-millionnièmes près avec celles indiquées par Michelson.

» Depuis lors, la méthode a été sans cesse employée, surtout pour la détermination très précise des distances de deux faces parallèles pratiquées sur un même cristal de quartz, ou sur un même bloc d'acier. Au lieu des radiations du cadmium, on en a trouvé un certain nombre, que l'on a déterminées avec beaucoup de précision et au moyen desquelles on mesure, au centième de micron près, les longueurs définies comme je viens de l'indiquer. Ici, c'est M. Pérard qui, au Bureau international, tient la tête de ces déterminations.

» Il fallut aussi déterminer le volume du kilogramme d'eau, qui, comme on sait, est aussi près de l'unité que purent le déterminer Lefèvre-Gineau et Fabbroni lors de la création du Système Métrique. Mais on ne savait pas au juste quelle erreur ils avaient commise. De nouvelles recherches furent entreprises par Benoit, Chappuis et Guillaume au Bureau international, et par Macé de Lépinay et Buisson à Marseille. On arriva ainsi à trois résultats, qui diffèrent seulement de 1 milligramme, et dont la moyenne est la suivante :

» Volume du kilogramme d'eau : 1^{dm³}, 000 028 réhabilitant ainsi complètement la détermination primitive de Lefèvre-Gineau et Fabbroni, pour laquelle de nombreux métrologistes avaient trouvé que l'erreur atteignait 300 à 400 milligrammes, tantôt en plus, tantôt en moins.

» Dès le début, le Bureau international avait été chargé de déterminer les étalons de 4 mètres servant à la géodésie, et le Bureau des Longitudes avait demandé que le Bureau international fût muni d'un comparateur servant à de telles mesures. Ce comparateur a été créé, et a donné lieu à d'importants travaux. Mais, à partir de l'année 1896, M. Guillaume fut occupé par une recherche très ardue : celle de la dilatabilité des aciers au nickel, travail pour

lequel il fut puissamment aidé par la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, qui lui fournit les alliages que le Bureau, avec son faible budget, n'aurait pas été en état de faire exécuter. Il arriva ainsi à créer un métal, l'invar, à dilatation en général très faible et quelquefois nulle. Aussitôt, on pensa à employer cet alliage à la mesure des bases géodésiques, et au lieu de mesurer les règles avec des microscopes, on trouva beaucoup plus simple et plus facile de représenter les longueurs par des fils d'invar de 24 mètres tendus, et au moyen desquels on déterminait la position de repères mobiles. Ainsi, tous les pays ont maintenant adopté ces fils, qui ont créé, pour le Bureau, un travail considérable.

» En voyant le succès avec lequel le Bureau international résolvait les problèmes qui lui étaient posés, une idée vint d'elle-même aux physiciens, celle de charger le Bureau des unités électriques de mesure. Cette idée était depuis longtemps dans l'air, mais des problèmes dont l'étude était commencée occupaient trop fortement les physiciens du Bureau pour leur permettre d'entreprendre l'étude d'une branche nouvelle. Maintenant, ces mesures sont courantes au Bureau; on y détermine les valeurs des résistances électriques étalons et des éléments étalons qui lui sont envoyés, pour répandre dans le monde entier les unités de résistance et de force électromotrice qui doivent servir de base à toutes les mesures électriques.

» Mais je n'insiste pas sur cette question des unités électriques, non plus que sur la question de l'unité de lumière, puisqu'elles ont été magistralement traitées par M. Volterra, dans son beau discours. Je m'associe à l'hommage qu'il a rendu aux membres disparus et à la bienvenue qu'il souhaite aux membres nouveaux. Je me réjouis avec lui de l'adhésion des Pays-Bas et de la Turquie à la Convention du Mètre.

» Enfin, en terminant, je tiens à remercier l'éminent Président du Comité international des Poids et Mesures des services rendus par ce Comité permanent, qui facilite singulièrement la tâche de notre Conférence. En assumant cette présidence depuis 12 ans avec une autorité incontestée, M. Vito Volterra a montré une fois de plus qu'il n'est pas seulement l'éminent mathématicien qui appartient aux plus importantes Académies, et qui a professé dans de nombreuses Universités du monde entier, mais qu'il est de ceux qui savent adapter la science à l'étude du monde physique et des réalités pratiques. Je suis certain d'exprimer votre vœu unanime en souhaitant qu'il consente à mettre encore pendant de longues années, au service de l'œuvre collective et internationale qui nous réunit aujourd'hui, non seulement une autorité scientifique devant laquelle nous nous inclinons tous, mais les qualités exceptionnelles d'esprit et de cœur qui font de lui le meilleur des Présidents. »

En terminant, M. Émile BOREL remercie Monsieur le Ministre du Commerce d'avoir bien voulu présider la séance inaugurale de la Conférence, et il prie M. Aimé COTTON de le remplacer à la présidence pour les séances suivantes, lui-même devant être présent à Madrid le lendemain matin.

DEUXIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETEUIL

LE MERCREDI 4 OCTOBRE 1933.

Présidence de **M. A. COTTON**,
Membre de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Sont présents :

- A. *Les Délégués* : MM. ASSETTATI, BALLENEGGER, BRUHAT, CABRERA, CHIBA, CORBINO, DE LANNOY, DELANO, DUNANT, DZIOBEK, FAHRI TEVFIK, GALBIS RODRIGUEZ, GRABE, ISAACHSEN, JANET, JIMBO, JOHANSEN, KARGATCHIN, KENNELLY, KÖSTERS, LEMOINE, MAC LENNAN, MASCIAS, MIZOGUCHI, OROZCO MUÑOS, POSEJPAL, RAUSZER, REGGIANI, ROŠ, SEARS, VON STEINWEHR, VIRAJADES, VOLTERRA, WELLIK, ZALUTZKY, ZEEMAN.
- B. *Le Directeur et le Sous-Directeur du Bureau international* : MM. GUILLAUME et PÉRARD.
- C. *Les invités* : MM. MAUDET et VOLET.

La séance est ouverte à 15^h 15^m.

M. le PRÉSIDENT, avant de commencer les travaux de la Conférence, tient à signaler qu'il y a exactement 50 ans que M. GUILLAUME est entré au Bureau international. Ceux qui voient son activité, si féconde dans le passé et qui ne se ralentit guère, ont peine à le croire. M. le PRÉSIDENT lui adresse, au nom de la Conférence, toutes ses félicitations, et souhaite que pendant longtemps encore, il puisse diriger les travaux du Bureau.

M. le PRÉSIDENT informe MM. les Délégués qu'ils sont invités à visiter une Exposition de Métrologie pratique, qui a été organisée en leur honneur à l'Institut d'Optique et qui sera inaugurée le lendemain.

M. le PRÉSIDENT invite la Conférence à désigner un secrétaire. L'usage est de

choisir le secrétaire du Comité international. Il propose donc à l'Assemblée d'appeler à ces fonctions M. ISAACHSEN. Ce dernier est élu à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT rappelle que, conformément à l'article 7 du Règlement, les votes, au sein de la Conférence, ont lieu par États, chaque État ayant droit à une voix.

Il procède à l'appel des États, en demandant aux Délégués qui ont reçu le droit de vote pour chaque pays de se faire connaître. Cette consultation aboutit à l'établissement de la liste suivante :

<i>Allemagne</i>	M. KÖSTERS.
<i>Argentine (République)</i>	M. MASCIAS.
<i>Autriche</i>	M. WELLIK.
<i>Belgique</i>	M. DE LANNON.
<i>Canada</i>	M. MAC LENNAN.
<i>Danemark</i>	M. JOHANSEN.
<i>Espagne</i>	M. GALBIS RODRIGUEZ.
<i>États-Unis d'Amérique</i>	M. KENNELLY.
<i>France</i>	M. P. JANET.
<i>Grande-Bretagne</i>	M. SEARS.
<i>Hongrie</i>	M. BALLENEGGER.
<i>Italie</i>	M. CORBINO.
<i>Japon</i>	M. CHIBA.
<i>Mexique</i>	M. OROZCO MUÑOS.
<i>Norvège</i>	M. ISAACHSEN.
<i>Pays-Bas</i>	M. ZEEMAN.
<i>Pologne</i>	M. RAUSZER.
<i>Siam</i>	M. VIRAJADES.
<i>Suède</i>	M. GRABE.
<i>Suisse</i>	M. ROŚ.
<i>Tchécoslovaquie</i>	M. POSEJPAL.
<i>Turquie</i>	M. FAHRI TEVFIK.
<i>U. R. S. S.</i>	M. ZALUTZKY.
<i>Yougoslavie</i>	M. KARGATCHIN.

Vingt-quatre pays ont donc voix délibérative à cette séance. Il est d'usage que, si un délégué chargé du vote ne peut assister à une séance, son vote soit transmis à un de ses collègues du même État.

L'ordre du jour appelle le Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis l'époque de la dernière Conférence. M. Volterra donne lecture du Rapport suivant :

**Rapport du Président du Comité international
sur les travaux accomplis depuis la dernière Conférence.**

« C'est une tâche bien agréable que confient au Président du Comité international des Poids et Mesures les articles 7 et 19 du Règlement annexé à la Convention du Mètre. En établissant le compte rendu des travaux accomplis depuis l'époque de la dernière réunion de la Conférence, il considère toujours avec satisfaction les résultats accumulés pendant les six années écoulées, et il mesure les progrès réalisés.

» Deux faits cette fois dominant la période à examiner : la mise en activité du Bureau dans ce nouveau domaine des unités électriques qui lui a été attribué, et l'heureux aboutissement de la première vérification des mètres prototypes nationaux.

» Ceux de nos Collègues que nous avons déjà eu le plaisir de voir venir représenter leur Pays aux Conférences précédentes, n'ont pas été sans remarquer cette année la nouvelle construction qui prolonge harmonieusement, dans la cour d'entrée, l'ancien observatoire. C'est le nouveau bâtiment, dont je parlais hier devant M. le Ministre, où tout a été étudié pour répondre aux meilleures conditions de la métrologie moderne, en profitant de l'expérience acquise avec l'ancien bâtiment. C'est dans l'une des salles de cette nouvelle construction qu'ont été mises en œuvre depuis une année, les mesures électriques par MM. Pérard, Romanowski et Roux. Aux premières comparaisons internationales de résistance et de force électromotrice qui ont eu lieu de novembre 1932 à janvier 1933, et dont on vous dira ici quelques mots, étaient déjà présents les étalons de la plupart des grands laboratoires nationaux; ces comparaisons ont conduit à des rapports très précis entre les unités électriques des divers pays représentés. Depuis lors, les méthodes ont été perfectionnées, et pour la comparaison des éléments Weston, un nouveau potentiomètre spécialement approprié a été étudié et réalisé par M. Romanowski. Dans les prochaines expériences, seront introduits les étalons qui manquaient encore, ceux du Bureau of Standards, qui sont annoncés, et ceux de l'U. R. S. S., qui viennent d'être déposés. La totalité des grands laboratoires nationaux se trouvera alors représentée, et chaque unité pourra ainsi être exprimée de façon précise en fonction de toutes les autres. Ce sera là un excellent prélude aux décisions qu'auront à prendre les techniciens qui vont préparer la substitution des unités absolues aux unités internationales, si vous adoptez le principe et le plan de travail qui vous seront soumis.

» Mon rapport à la précédente Conférence signalait que la première révision périodique des règles de platine iridié était en cours; les expériences les plus

précises conduisaient à l'opinion que toutes les règles d'une même coulée devaient être considérées comme présentant la même dilatabilité, les différences qui autrefois leur avaient été attribuées étant imputables aux erreurs accidentelles des mesures, et les écarts réels se réduisant à un ordre de grandeur inférieur à celui du dernier chiffre inscrit. Les nouveaux travaux ont confirmé pleinement cette conclusion, et des expériences décisives sur la dilatation absolue des prototypes n^{os} 20 et 26 de la grande coulée Johnson-Matthey, T₂ et T₃ de coulées spéciales, exécutées de façon indépendante, par M. le Directeur du Bureau et ses trois Adjoints, au moyen de deux méthodes différentes, dont l'une, due à M. Volet, fait abstraction de l'erreur à craindre sur la tare des microscopes, ont conduit aux valeurs que vous trouverez exposées dans l'Ouvrage de M. Ch.-Ed. Guillaume, avec tout le détail des recherches. M. le Directeur voudra bien nous résumer tout à l'heure cet important travail.

» Au cours de ces six dernières années, ont été comparés aux prototypes du Bureau international les étalons nationaux suivants : n^{os} 15 et 19 d'Autriche, n^o 16 d'Angleterre, n^o 7 de Bavière, n^o 5 de Finlande, n^o 21 des États-Unis, n^o 23 de Belgique, et le n^o 7 (alliage de 1874) de la Tchécoslovaquie.

» Actuellement, sauf le prototype du Portugal, dont nous avons encore sollicité l'envoi, sauf le prototype de l'U. R. S. S., qui nous arrive précisément en ce moment, et sauf le prototype de Roumanie, dont vous aurez à vous occuper, tous les prototypes nationaux en platine iridié des deux grandes coulées, alliage Johnson-Matthey et alliage du Conservatoire (dit de 1874), sont revenus au Bureau, et vous devrez sanctionner leur nouvelle équation, soit parce que des accidents ou dommages quelconques ont légèrement altéré leur valeur primitive, soit simplement parce que l'adoption d'une nouvelle formule de dilatation entraîne un changement corrélatif de la valeur à 0°.

» Je rappelle que, pour ce qui concerne les kilogrammes prototypes, la première vérification, commencée par René Benoit et achevée par M. Maudet, a conduit aux valeurs sanctionnées par la Conférence de 1913. Cependant, les risques d'usure des étalons de masse engagent bien souvent les bureaux nationaux d'état à demander des contrôles, en dehors des époques où sont prévues les révisions périodiques; c'est ainsi que le Bureau a eu à comparer les deux kilogrammes d'Autriche, n^{os} 14 et 33, dont le premier a diminué de 0^{ms},10, et le kilogramme de Bavière, n^o 15, qui paraît avoir varié dans le même sens, mais de la quantité à peine appréciable de 0^{ms},02₅; vous aurez à sanctionner les nouvelles valeurs, ainsi que celle du prototype de masse nouveau remis à la Tchécoslovaquie : le n^o 41. Notre Collègue britannique a confié récemment au Bureau international le kilogramme n^o 18 d'Angleterre; celui-ci vient d'être comparé aux prototypes du Bureau international; mais comme cette détermination aurait pour but d'établir à nouveau le rapport de l'unité de masse

anglaise à l'unité métrique, le Comité a accueilli favorablement la demande, présentée par M. Sears, de faire intervenir l'un des témoins du Kilogramme international; ces comparaisons complémentaires très importantes sont actuellement en cours, et notre adjoint doit se rendre à Teddington cet automne, porteur de la boîte de premier ordre des sous-divisions du Kilogramme du Bureau (dite série Oe), qu'il vient de réétalonner soigneusement.

» La concordance des fils géodésiques des divers pays n'est pas de moindre importance que celle de leurs prototypes; aussi a-t-on entrepris des échanges entre le Bureau international et quelques autres Instituts. Une première tentative, faite avec des fils ordinaires à réglettes échancrées, n'a pas conduit à des résultats bien concluants, parce que le Bureau international observe ces réglettes comme elles doivent l'être sur le terrain, c'est-à-dire à l'œil nu ou à la loupe, tandis que la plupart des laboratoires nationaux font les pointés au microscope; il peut en résulter une appréciation systématiquement différente sur la position de l'axe de traits aussi larges que ceux des réglettes. Le Bureau a alors établi des fils spéciaux, dont les réglettes sont orientées de façon à présenter un tracé exceptionnellement fin sur une surface polie qui reste constamment horizontale quand le fil est sous charge. Les premiers échanges avec Teddington ont pu faire croire à un écart systématique de 2 millièmes entre les valeurs qui y ont été obtenues et celles du Pavillon de Breteuil; mais la suite des déterminations tendrait à établir que cet écart serait de l'ordre des variations accidentelles que peuvent éprouver des fils géodésiques par les secousses et les fortes variations de température subies au cours des transports. Les mêmes fils ont été également envoyés à Varsovie et à Washington; ils vont revenir à Breteuil, d'où ils seront ensuite dirigés sur Ottawa. Les valeurs de Varsovie seraient plus fortes de 2,3 millièmes, et celles du Bureau of Standards différeraient également de 1 millième dans le même sens par rapport aux valeurs de Breteuil.

» Ainsi donc, le Bureau international continue à remplir à l'égard des longueurs et des masses cette importante mission, qui lui a été dévolue dès sa création, d'uniformiser les mesures dans le monde, tandis qu'il s'engage résolument dans la même voie pour ce qui intéresse les unités électriques.

» Cette tâche d'uniformisation est la première qui incombe au Bureau international; mais ce n'est pas la seule, et si le Bureau s'y cantonnait, son œuvre ne tarderait pas à devenir stérile, débordé qu'il serait bientôt par les progrès de la science auxquels il n'aurait aucune part. C'est pourquoi, profitant du droit de regard que l'article 7 de la Convention lui ouvre largement sur les constantes physiques susceptibles d'accroître la précision des mesures, il n'a pas manqué, comme par le passé, de s'adonner aux recherches proprement dites.

» De toutes les données physiques, la température est incontestablement le facteur le plus important des mesures de précision; c'est à sa connaissance précise que le Bureau s'est tout d'abord attaché, sous la conduite de M. Ch.-Éd. Guillaume et de P. Chappuis.

» Mais, depuis une dizaine d'années, une partie des résultats obtenus devenait sans objet, parce qu'il n'était pas possible d'obtenir la substance précédemment considérée comme la meilleure pour l'exécution du thermomètre à mercure, ce verre dur dont les anomalies avaient été si soigneusement enregistrées. Heureusement, les études de M. Guillaume, secondé par M. Bonhoure, ont conduit à penser que les thermomètres constitués par un réservoir en verre d'Iéna 16^{III} et une tige en verre vert, présentent à très peu près les mêmes qualités que les anciens; et les caractéristiques, d'ailleurs très voisines de celles des thermomètres en verre dur, ont été déterminées exactement.

» La Septième Conférence générale a accepté, à titre provisoire, les spécifications d'une échelle thermométrique internationale, dans laquelle le thermomètre à résistance de platine est l'instrument d'interpolation obligatoire pour toutes les températures ordinaires. Le Bureau international a dû se familiariser à nouveau avec ce genre de mesures, qu'il avait quelque peu abandonné depuis les expériences de Chappuis et Harker. M. Bonhoure a repris l'ancien pont Carpentier, qui avait été établi spécialement dans ce but, et il y a introduit les quelques modifications et additions nécessaires pour permettre l'étalonnage précis de ses bobines, et pour adapter son montage aux thermomètres modernes à prises de potentiel. L'instabilité bien connue du galvanomètre Thomson est combattue par les procédés les plus récents. Les expériences sont actuellement en cours.

» D'intéressantes recherches sur la température d'ébullition de l'eau ont été effectuées par M. Zmaczinski, lors de son passage au Bureau international, et par M. Bonhoure.

» Le degré d'humidité de l'air n'a qu'une importance secondaire dans les déterminations des masses et des longueurs; mais il paraît assumer une responsabilité assez grave dans la fidélité des résistances-étalons électriques; d'ailleurs, nos hygromètres n'avaient pas été contrôlés depuis fort longtemps. M. Roux vient d'établir une enceinte hygrométrique susceptible à la fois de contenir les anciens hygromètres à vérifier et les résistances électriques que l'on maintiendrait ainsi à un degré d'humidité déterminé.

» Chacun sait l'importance considérable qu'ont prise les ondes lumineuses dans les déterminations métrologiques. Bien des physiciens considèrent l'onde lumineuse comme un repère de longueur, peut-être aussi fidèle que les étalons matériels, et en tout cas singulièrement plus commode. La Septième Conférence générale, suivant ces tendances, a déjà adopté la raie rouge du cadmium

comme étalon des longueurs d'onde lumineuses, et votre Comité serait disposé à étudier le principe d'une substitution future, aux prototypes de platine iridié, de l'une des longueurs d'onde préconisées; car les préférences des métrologistes sont encore dispersées sur ce point. Le Bureau international n'est pas resté étranger à cette étude des radiations, et M. Pérard résumera les derniers résultats qui y ont été acquis.

» Les études métrologiques des alliages ont été poursuivies par M. Volet, à la suite de M. Guillaume; les mesures de dilatabilité qu'il a exécutées sur des tiges métalliques se comptent par centaines. Les conclusions, parfois décevantes de ce travail, n'en sont pas moins précieuses pour le progrès de la métrologie. La stabilité de quelques aciers, inoxydables, susceptibles de constituer de bonnes règles à traits, ou même des étalons de masse, est un résultat particulièrement intéressant.

» C'est un genre de recherches non moins utile que celui qui consiste dans la tenue à jour constante des instruments d'un laboratoire; et M. Volet, qui a assumé cette tâche, a droit à une reconnaissance particulière de la part d'un institut comme le Bureau international, où les possibilités financières sont strictement limitées. C'est là surtout qu'il est important de suivre pas à pas les progrès que permettent les découvertes les plus récentes; et l'on constate bien que, malgré la date déjà lointaine de leur construction, les comparateurs du Bureau international peuvent rivaliser constamment avec les meilleurs des Instituts similaires.

» Enfin, pour donner une idée de l'importance du travail courant auquel doit s'appliquer aussi le Bureau, je signalerai seulement que, dans la période que je passe en revue, il a été délivré 242 certificats et 35 notes ou procès-verbaux d'étude, parmi lesquels ceux qui se rapportent simultanément à une dizaine d'instruments ne sont pas rares. Au nombre des instruments étudiés, je m'en voudrais de ne pas signaler la mesure de cylindres en silice destinés à l'établissement d'étalons d'inductance, la détermination des constantes géométriques d'une balance de Cotton, et le contrôle d'une baguette carrée en silice fondue, organe principal d'un dispositif d'étude de la susceptibilité magnétique des liquides. Ce genre de travaux essentiellement prévu dans la Convention du Mètre elle-même, absorbe souvent un temps important pour conduire à des résultats dont la précision ne flatte pas le métrologiste; mais celui-ci n'a garde de s'en plaindre; il est trop désireux de rendre à la Science pure un peu des services qu'il en reçoit.

» Je terminerai en énumérant les nouvelles publications du Bureau.

» Je rappelle que le Tome XVII des *Travaux et Mémoires du Bureau international*, qui paraissait en même temps que siégeait la dernière Conférence, contient les Ouvrages suivants : *Recherches métrologiques sur les aciers au*

nickel, par M. Ch.-Éd. Guillaume; *Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome*, par M. P. Chevenard; *Études sur les étalons à bouts; deuxième Mémoire, étalons à bouts plans*, par MM. A. Pérard et L. Maudet.

» En 1930, venait le Tome XVIII, qui renfermait deux Mémoires :

» *Nouvelles études thermométriques*, où M. Ch.-Éd. Guillaume a rassemblé les diverses recherches effectuées par lui depuis l'année 1886, date des derniers Mémoires de thermométrie insérés dans les publications du Bureau; on trouve notamment dans celui-ci les études de l'erreur capillaire et une discussion sur les températures d'ébullition de l'eau;

» *Les applications pratiques des interférences lumineuses à l'étude des calibres industriels et autres longueurs à bouts*, qui donne le détail des procédés utilisés par M. A. Pérard, pour les mesures interférentielles courantes;

» Une Note de M. Ch. Volet : *La température d'ébullition de l'eau d'après les expériences de P. Chappuis*;

» Les *Comptes rendus des séances des Sixième et Septième Conférences générales des Poids et Mesures*, accompagnés des *Récents Progrès du Système Métrique* (1921), par M. Ch.-Éd. Guillaume, et le *Compte rendu de la cérémonie du Cinquantenaire du Bureau international*.

» Parmi les Mémoires prévus pour le Tome XIX, sont déjà parus les suivants :

» *La dilatabilité des Mètres prototypes en platine iridié mesurée au moyen du comparateur*, par M. Ch.-Éd. Guillaume, dont j'ai parlé au début de ce rapport;

» *Note sur la détermination d'étalons millimétriques et centimétriques en longueurs d'onde lumineuses*, qui relate un beau travail exécuté par J.-René Benoit; les Notes du savant métrologiste ont été retrouvées et rédigées par M. A. Pérard, et son intérêt réside dans la précision avec laquelle la méthode de Benoit a pu déterminer les millimètres auxquels ont été rapportés quelques-uns de ceux des prototypes, précieux pour l'étude de la tare de tous les micromètres des comparateurs;

» *Quelques études particulières au dilatomètre Fizeau, Dilatabilité du Mètre international et des Prototypes nationaux, Indice de réfraction de l'air dans le spectre visible entre 0° et 100°*, par M. A. Pérard, qui rapporte des études échelonnées sur un grand nombre d'années, et rappelle la formule proposée par son auteur en 1924 pour l'indice de l'air, formule très différente de ce qui était admis à l'époque, mais qui s'est trouvée confirmée exactement par les dernières expériences exécutées à la Reichsanstalt et au National Physical Laboratory;

» *L'échelle des thermomètres à gaz*, par M. W. H. Keesom, Directeur du Département I du Laboratoire Kamerlingh-Onnes, et M. W. Tuyn, Assistant au Laboratoire cryogène de Leiden, qui nous a été remis ces tout derniers jours;

» Enfin, les *Comptes rendus* de la présente Conférence, accompagnés de la

Note, que vous avez sous les yeux, de M. Ch.-Éd. Guillaume, *Les Récents Progrès du Système Métrique* (1933).

» Les Tomes XII (1927), XIII (1929), XIV (1931) et XVI (1933) des *Procès-Verbaux des Séances du Comité international* sont parus.

» Les Tomes XIII et XIV contiennent aussi les Procès-Verbaux des sessions du Comité consultatif tenues en 1928 et 1930, avec, en annexes, les nombreuses Notes déposées à ce Comité. En 1933, les Notes envoyées ont été si nombreuses qu'il a fallu en faire un volume complet indépendant; c'est le Tome XVI, alors que les Procès-Verbaux des séances de 1933 du Comité consultatif forment un tirage à part du Tome XV. »

M. le PRÉSIDENT se fait l'interprète de la Conférence en remerciant bien vivement M. VOLTERRA de son Rapport, qui montre bien toute l'activité du Bureau international.

Puis l'ordre du jour appelle l'étude des résultats des travaux exécutés au cours de la première vérification périodique des Mètres prototypes nationaux et des copies d'usage du Bureau international.

M. GUILLAUME résume les principaux points du Rapport suivant :

La détermination de la dilatation des prototypes avait été faite, par J.-René Benoit et moi-même en 1888, au moyen de comparaisons exécutées à huit températures différentes comprises entre 0° et 38°, avec le Prototype international. En 1919, commencèrent à arriver au Bureau les prototypes nationaux pour leur vérification, et parmi eux, s'en trouvaient six pour lesquels on avait obtenu autrefois des dilatations, systématiquement différentes; deux étaient basses, deux étaient moyennes, et deux élevées. Nous comparâmes, M. Maudet, M. Volet et moi, ces prototypes deux à deux, à 0° et à 30°. Nous trouvâmes des différences de dilatation qui n'avaient aucun rapport avec les premières, et qui étaient beaucoup plus rapprochées entre elles. Voici les valeurs des dilatations aux deux époques en question :

	1888.		1921.	Diff.
4.....	$\alpha_0 = 8,632 \cdot 10^{-6}$	-0,020	-0,0030	-0,0170
12.....	8,638	-0,014	-0,0006	-0,0134
8.....	8,649	-0,003	-0,0002	-0,0028
17.....	8,653	-0,001	-0,0048	-0,0058
20.....	8,673	+0,021	-0,0008	+0,0218
24.....	8,670	+0,018	-0,0003	+0,0183
Moyennes.....	8,652	0,013	0,0016	0,0132

La seconde colonne du tableau contient les différences de dilatation des règles entre elles, d'après les mesures de 1888, et la troisième indique les différences que nous trouvâmes en 1921. Les moyennes qui suivent le tableau

sont celles des différences prises avec le même signe. On voit que les dernières dilatations sont à peu près dix fois plus rapprochées que les valeurs anciennes, et sans aucun rapport avec elles. La dernière colonne donne les différences entre les deux précédentes, compte tenu du signe. L'erreur probable de leur moyenne est égale à $\pm 0,0066$, nombre considérable par rapport à l'erreur probable des dilatations déterminées en 1921. La conclusion fut que les dilatations des six règles étaient les mêmes.

Nous entreprîmes alors la détermination systématique des dilatabilités de divers étalons. D'après les conclusions que nous venions de tirer, nous pouvions déterminer la dilatation du Mètre prototype en prenant comme témoins deux règles faites avec l'alliage de la même coulée, Johnson-Matthey. Les prototypes n° 20 et 26 furent donc choisis, et nous y associâmes deux autres règles, savoir T_2 , d'une coulée spéciale, qui avait été retracée en 1909, et T_3 , l'un des prototypes d'usage du Bureau. Nous avons considéré comme démontré par des expériences répétées, le fait que la dilatabilité d'une règle de platine iridié, dans un très large intervalle de température, est représentée par une formule quadratique. On peut donc exprimer cette dilatabilité en déterminant avec toute la précision possible la valeur des règles à trois températures. Nous choisîmes 0° , 18° et 36° . Les expériences furent exécutées de façon indépendante par quatre observateurs, MM. Guillaume, Pérard, Maudet et Volet. Les variations de longueur furent mesurées par deux procédés distincts. L'un d'eux consistait à appliquer la tare des micromètres aux grandeurs observées; dans l'autre, on avait tracé, sur une règle d'invar, des centimètres divisés en 64 parties, dont les intervalles correspondaient sensiblement à l'allongement d'une règle de platine iridié entre 0° et 18° , et entre 18° et 36° . Puis nous déterminâmes la dilatation relative des règles deux à deux. Nous obtînmes, en combinant toutes les observations, les résultats suivants :

Dilatabilité moyenne des règles 20 et 26.....	$(8,6176 + 0,00189\theta) \cdot 10^{-6}$
» de la règle T_2	$(8,6188 + 0,00189\theta) \quad \text{»}$
» de la règle T_3	$(8,6097 + 0,00189\theta) \quad \text{»}$

Des déterminations faites à l'appareil Fizeau par M. Pérard avaient donné, d'autre part, pour le coefficient β : $1,77 \cdot 10^{-9}$. L'intervalle de température était, à l'appareil Fizeau, 0° - 100° , donc à peu près trois fois plus étendu que l'intervalle 0° - 36° dans lequel on avait opéré au comparateur. On décida d'adopter le nombre arrondi le plus voisin du β de l'appareil Fizeau, soit : $1,80 \cdot 10^{-9}$. En recalculant la valeur des dilatations de manière qu'elle concorde le mieux possible avec les valeurs obtenues au comparateur, on trouve :

Règles 20 et 26.....	$\alpha = (8,6204 + 0,00180\theta) \cdot 10^{-6}$
Règle T_2	$(8,6222 + 0,00180\theta) \quad \text{»}$
Règle T_3	$(8,6140 + 0,00180\theta) \quad \text{»}$

Chacun des quatre observateurs compara entre elles les quatre règles deux à deux, à 0° et à 36°. On trouva ainsi :

Règles $\alpha(20-26)$	-0,004 4. 10 ⁻⁶
» $\alpha(20-T_2)$	-0,001 8 »
» $\alpha(20-T_3)$	+0,007 0 »
» $\alpha(26-T_2)$	-0,000 2 »
» $\alpha(26-T_3)$	+0,010 1 »
» $\alpha(T_2-T_3)$	+0,008 7 »

En combinant ces nombres avec les dilatabilités absolues trouvées, on a finalement :

Règles 20 et 26.....	$\alpha = (8,621 0 + 0,001 80 \theta) \cdot 10^{-6}$
Règle T_2	(8,622 0 + 0,001 80 θ) »
Règle T_3	(8,613 1 + 0,001 80 θ) »

Telles sont les valeurs des dilatations admises pour la grande coulée et pour les règles T_2 et T_3 ; T_2 a sensiblement la même dilatabilité que le Prototype, T_3 a une dilatabilité notablement plus faible.

Pour la dilatabilité de la coulée du Conservatoire, on a trouvé

$$(8,601 4 + 0,001 80 \theta) \cdot 10^{-6}.$$

En 1921, dans les comparaisons faites avec le Prototype n° 6, nous avons établi les équations suivantes, réduites à 0° :

	T_1	T_2	T_3	26.	13.	I_7
MM. Guillaume.....	-5,66 ^{μ}	+4,64 ^{μ}	+1,69 ^{μ}	+1,10 ^{μ}	+0,17 ^{μ}	+6,24 ^{μ}
Pérard.....	-5,43	+4,79	+1,83	+1,22	+0,19	+6,31
Maudet.....	-5,42	+4,82	+1,77	+1,13	+0,13	+6,25
Moyenne.....	-5,50	+4,75	+1,76	+1,15	+0,16	+6,27

En discutant ces résultats, nous arrivâmes à la conclusion qu'il pouvait y avoir une erreur systématique dans les comparaisons des règles à traits relativement larges avec des règles à traits fins comme T_1 et T_2 ; MM. Pérard et Maudet firent la moitié des observations dans la position normale de l'observateur, l'autre moitié, l'observateur se plaçant à l'arrière du comparateur. On a trouvé ainsi les résultats suivants :

	T_1	T_2	T_3	26.
MM. Guillaume.....	-5,29 ^{μ}	+4,92 ^{μ}	+1,83 ^{μ}	+1,19 ^{μ}
Pérard.....	-5,47	+4,79	+1,69	+1,13
Maudet.....	-5,37	+4,85	+1,74	+1,14
Moyenne.....	-5,38	+4,85	+1,75	+1,15

MM. Pérard et Maudet répétèrent, en 1922, les observations, en laissant de

côté le Prototype international, qui avait réintégré son coffre-fort. Ils trouvèrent :

	26-T ₂ .	T ₂ -T ₃ .	T ₃ -26.
MM. Pérard.....	-3,56 ^μ	+3,04 ^μ	+0,52 ^μ
Maudet.....	-3,62	+3,03	+0,59
Moyenne.....	-3,59	+3,04	+0,55

Nous reprimes les mêmes comparaisons en 1923, et obtînmes :

	26-T ₂ .	T ₂ -T ₃ .	T ₃ -26.
MM. Guillaume.....	-3,64 ^μ	+3,06 ^μ	+0,58 ^μ
Pérard.....	-3,56	+3,04	+0,52
Maudet.....	-3,61	+3,03	+0,58
Moyenne.....	-3,60	+3,04	+0,56

En 1924, nous avons trouvé, par des observations au voisinage de 7° et de 20°, réduites à 0° :

	26-T ₂ .	T ₂ -T ₃ .	T ₃ -26.
MM. Guillaume.....	-3,69 ^μ	+3,11 ^μ	+0,58 ^μ
Pérard.....	-3,59	+3,04	+0,55
Maudet.....	-3,65	+3,04	+0,61
Volet.....	-3,82	+3,19	+0,63
Moyenne.....	-3,69	+3,09	+0,60

Des comparaisons faites en 1932 au comparateur Brunner ont donné les résultats suivants :

$$26 - T_2 = - 3^{\mu}, 96, \quad T_2 - T_3 = + 3^{\mu}, 20, \quad T_3 - 26 = + 0^{\mu}, 76.$$

Ces nombres diffèrent sensiblement des précédents; c'est pourquoi on a recommencé les comparaisons au moyen du comparateur à dilatation, dont les microscopes ont une meilleure définition en même temps qu'un plus fort grossissement que ceux du comparateur Brunner. On a trouvé ainsi :

	26-T ₂ .	T ₂ -T ₃ .	T ₃ -26.
MM. Guillaume.....	-3,78 ^μ	+3,13 ^μ	+0,65 ^μ
Pérard.....	-3,61	+3,18	+0,43
Maudet.....	-3,73	+2,99	+0,75
Volet.....	-3,73	+3,02	+0,70
Moyenne.....	-3,71	+3,08	+0,63

En 1933, les résultats suivants ont été obtenus au comparateur Brunner :

	26-T ₂ .	T ₂ -T ₃ .	T ₃ -26.
MM. Guillaume.....	-3,67 ^μ	+3,03 ^μ	+0,63 ^μ
Pérard.....	-3,67	+3,09	+0,58
Maudet.....	-3,73	+3,06	+0,68
Volet.....	-3,77	+3,13	+0,63
Moyenne.....	-3,71	+3,08	+0,63

Laissant de côté les déterminations de 1920, qui n'ont pas été faites avec toute la symétrie possible, nous avons finalement :

	26-T ₂ .	T ₂ -T ₃ .	T ₃ -26.
1921 Comparateur Brunner.....	-3,69 ^μ	+3,10 ^μ	+0,59 ^μ
1922 »	-3,59	+3,04	+0,55
1923 »	-3,60	+3,04	+0,56
1924 »	-3,71	+3,11	+0,60
1932 »	(-3,96)	(+3,20)	(+0,76)
1932 Comparateur à dilatation.....	-3,71	+3,08	+0,63
1933 Comparateur Brunner.....	-3,71	+3,08	+0,63
Moyenne.....	-3,67	+3,07	+0,59

Les moyennes ci-dessus sont calculées sans tenir compte des déterminations de 1932 au comparateur Brunner.

On voit que les comparaisons faites dans un intervalle de douze ans ont donné à très peu près les mêmes nombres. Malgré la médiocre qualité des traits de la règle 26, les différences des équations des règles T₂, T₃ et 26, peuvent être acceptées telles qu'elles résultent des comparaisons résumées ci-dessus. On peut en toute confiance se fier aux comparaisons faites, et s'il n'arrive pas d'accident aux étalons, on peut admettre que leurs équations se conserveront dans le cours du temps.

M. le PRÉSIDENT remercie M. GUILLAUME de son Rapport, et propose à la Conférence de sanctionner les nouvelles valeurs obtenues. Il met aux voix successivement les résolutions suivantes :

**Déclaration relative à la dilatabilité des mètres prototypes
provenant des alliages Johnson-Matthey et de 1874.**

(RÉSOLUTION 1.)

« Considérant le sanctionnement des nouveaux prototypes métriques par la Première Conférence générale des Poids et Mesures ;

» Considérant la décision prise par la Quatrième Conférence générale des Poids et Mesures de faire procéder à la vérification périodique des mètres prototypes nationaux ;

» Considérant les nouvelles déterminations de la dilatabilité exécutées à l'occasion de cette première vérification périodique, qui ont conduit à adopter un coefficient identique pour toutes les règles des alliages Johnson-Matthey d'une part, et de 1874 d'autre part ;

» Entendu le Rapport du Directeur du Bureau international des Poids et Mesures relatif à ladite vérification ;

» Entendu la déclaration du Président du Comité international des Poids et Mesures approuvant ce Rapport, au nom du Comité ;

» La Conférence générale :

» Autorise le Comité international à faire, à tous les certificats des mètres prototypes des coulées Johnson-Matthey et de 1874, une addition donnant les nouvelles formules trouvées pour la dilatation de ces alliages, telles qu'elles résultent des déterminations

faites au Bureau international, et les nouvelles valeurs des règles à 0^o qui en sont la conséquence. »

Cette déclaration est adoptée à l'unanimité.

**Déclaration relative aux équations des mètres prototypes
n^{os} 1, 8, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23 et 26.**

(RÉSOLUTION 2.)

« Considérant le sanctionnement des nouveaux prototypes métriques par la Première Conférence générale des Poids et Mesures;

» Considérant la décision prise par la Quatrième Conférence générale des Poids et Mesures de faire procéder à la vérification périodique des mètres prototypes nationaux;

» Entendu le Rapport du Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, relatif à ladite vérification;

» Entendu la déclaration du Président du Comité international des Poids et Mesures approuvant, au nom du Comité, les termes de ce Rapport;

» La Conférence générale :

» Déclare n'être plus parfaitement conformes à la réalité les équations sanctionnées par la Première Conférence générale; elle annule en conséquence les certificats y relatifs en ce qui concerne les équations et en prolonge la validité pour le reste;

» Autorise le Comité international à faire auxdits certificats une addition portant la valeur de la longueur à 0^o des Mètres n^{os} 1, 8, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23 et 26, ainsi que la nouvelle formule de dilatation, telles que l'une et l'autre résultent des nouvelles déterminations faites au Bureau international. »

Cette déclaration est adoptée à l'unanimité.

Déclaration relative à l'équation du mètre prototype n^o 7, alliage de 1874.

(RÉSOLUTION 3.)

« Considérant que le Mètre n^o 7 n'avait pas participé aux premières comparaisons, faites en 1889, sur certains des autres prototypes de l'alliage de 1874;

» Considérant que ce Mètre, devenu seulement en 1929 la propriété du Gouvernement Tchécoslovaque, n'a été vérifié au Bureau international qu'en 1929;

» Entendu le Rapport du Directeur du Bureau international des Poids et Mesures relatif à ladite vérification;

» Entendu la déclaration du Président du Comité international des Poids et Mesures approuvant ce Rapport, au nom du Comité;

» La Conférence générale :

» Déclare homologuer le certificat délivré à la date du 30 octobre 1929, relatif au Mètre n^o 7, alliage de 1874. »

Cette déclaration est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. MAUDET pour l'exposé des résultats de la vérification de quelques kilogrammes. M. MAUDET résume le Rapport suivant :

« Depuis la dernière Conférence, quelques kilogrammes prototypes sont revenus au Bureau international pour vérification. Ces kilogrammes n'avaient pu, pour divers motifs, être renvoyés à Sèvres lors des premières comparaisons périodiques, ni revenir à temps pour entrer dans les séries, faites depuis lors, et dont les résultats ont été homologués par les Sixième et Septième Conférences; il y a donc lieu de demander à la Huitième Conférence d'authentifier leurs nouvelles équations.

» Deux d'entre eux, les n^{os} 14 et 33, ont été rapportés d'Autriche. La valeur donnée en 1889 a été conservée par l'un; mais le second accuse une diminution de 0^{ms},098, ce qui porte la valeur de sa masse à 1^{kg} + 0^{ms},149. L'explication de ces résultats nous est donnée par M. Wellik, qui, en apportant les kilogrammes, a déclaré que le n^o 33 avait été conservé comme témoin et n'avait que peu ou pas servi, tandis que le n^o 14 a subi l'usure inévitable due à un fréquent service. Le kilogramme n^o 15, appartenant à la Bavière, accuse une diminution de 0^{ms},025, et son équation nouvelle est 1^{kg} + 0^{ms},201.

» Il y aurait aussi à reconnaître les nouvelles valeurs de la masse et de la densité du kilogramme n^o 41, appartenant à la Tchécoslovaquie. Ce kilogramme fait partie d'une série de quatre kilogrammes, destinée à répondre aux nouvelles demandes des États encore démunis de prototypes, en complétant la première série des quarante kilogrammes fondus avant 1889, et épuisée aujourd'hui. Ils proviennent d'un petit lingot fondu par le Comptoir Lyon-Alemand, et ce premier kilogramme a été ajusté par M. Longue; sa valeur est de

$$1 \text{ kg} + 0^{\text{ms}},504,$$

et son volume à 0° de 46^{ml},4959.

» Il n'y a, par contre, pas à modifier la valeur du kilogramme n^o 18, appartenant à l'Angleterre, qui vient d'être redéterminé en fonction du témoin n^o 7, et qui donne presque exactement le résultat trouvé en 1923 lors des comparaisons faites déjà au Bureau sur ce même kilogramme, soit 1 kg + 0^{ms},058. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Maudet de sa communication et demande à la Conférence de sanctionner les valeurs obtenues pour ces kilogrammes. Les déclarations suivantes sont adoptées à l'unanimité :

Déclaration relative aux équations des kilogrammes prototypes n^{os} 14 et 15.

(RÉSOLUTION 4.)

« Considérant la sanction donnée à l'équation des nouveaux prototypes métriques par la Première Conférence générale des Poids et Mesures;

» Considérant la décision prise par la Deuxième Conférence générale des Poids et Mesures, de faire procéder à la vérification périodique des kilogrammes prototypes nationaux;

» Entendu le Rapport du Directeur du Bureau international des Poids et Mesures relatif à ladite vérification;

» Entendu la déclaration du Président du Comité international des Poids et Mesures approuvant, au nom du Comité, les termes de ce Rapport;

» La Conférence générale :

» Déclare n'être plus parfaitement conformes à la réalité les équations sanctionnées par la Première Conférence générale; elle annule en conséquence les certificats en ce qui concerne les équations et en prolonge la validité pour le reste;

» Autorise le Comité international à faire auxdits certificats une addition portant la valeur de la masse des kilogrammes nos 14 et 15, telle qu'elle résulte des nouvelles déterminations faites au Bureau international. »

Déclaration relative à l'équation du kilogramme prototype n° 41.

(RÉSOLUTION 5.)

« Considérant la construction récente de quatre kilogrammes en platine iridié destinés — les kilogrammes de la première coulée ayant tous été distribués, — à permettre de répondre aux demandes d'acquéreurs nouveaux;

» Considérant l'achat d'un de ces kilogrammes par le Gouvernement Tchécoslovaque, et les déterminations au Bureau de sa densité et de sa masse;

» Entendu le Rapport du Directeur du Bureau international des Poids et Mesures relatif auxdites déterminations;

» Entendu la déclaration du Président du Comité international des Poids et Mesures approuvant ce Rapport, au nom du Comité;

» La Conférence générale :

» Déclare homologuer le certificat délivré à la date du 20 octobre 1929, relatif aux comparaisons effectuées sur le kilogramme n° 41 et donnant son équation, en même temps que son volume à 0°.

L'ordre du jour prévoyait ensuite une visite des nouveaux locaux, construits depuis la dernière Conférence. M. le PRÉSIDENT informe MM. les Délégués que cette visite est reportée à la fin de la prochaine séance, en raison de travaux actuellement en cours dans l'observatoire.

L'ordre du jour appelle alors l'exposé des résultats des comparaisons entre les bases murales de divers pays. M. MAUDET résume le Rapport suivant :

« Les premiers fils de contrôle étaient du modèle courant à réglettes échancrées; ils ont été d'abord envoyés, en juin 1928, au N. P. L.; à leur retour, après une nouvelle mesure, ils ont donné la différence moyenne suivante :

Teddington -- Sévres = + 49^μ.

» Ils ont été expédiés ensuite, en décembre 1928, à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, qui les a gardés jusqu'en novembre 1929. Les mesures faites à Berlin, réparties sur ce long espace de temps, sont assez irrégulières; les fils semblent avoir subi, outre l'influence de températures fort différentes, quelques légères variations de longueur, et leur mesure de retour à Sèvres fait ressortir un allongement de 22^μ; il est difficile, dans ces conditions, de donner beaucoup de poids au résultat qui semblerait être, sous toutes réserves, de

$$\text{Berlin} - \text{Sèvres} = + 72^{\mu}.$$

» Après un nouveau voyage à Teddington, en janvier 1930, on obtint une nouvelle différence assez semblable à la première :

$$\text{Teddington} - \text{Sèvres} = + 56^{\mu}.$$

» Pour s'assurer alors que ces différences ne proviennent pas de la façon de pointer les fils, à la loupe sur l'extrémité des traits à Sèvres, au microscope à une petite distance du bord des réglottes à Teddington, on construisit deux nouveaux fils, avec tracé sur une surface rendue horizontale par une inclinaison du plan supérieur de la réglotte en sens inverse de l'inclinaison due à la chaînette. Ces fils ont été envoyés à Londres en octobre 1931; ils donnèrent une valeur identique à celle trouvée à Sèvres au départ; mais de retour au Bureau, ils accusèrent une diminution importante; il fallut les réexpédier en Angleterre; et l'on constata que le raccourcissement s'était produit entre la mesure de Sèvres et la mesure d'arrivée à Londres; cette mesure, combinée avec celle du retour à Londres, donna, en connexion avec la mesure intermédiaire de Sèvres, la différence :

$$\text{Teddington} - \text{Sèvres} = + 51^{\mu},$$

et fut vérifiée par la différence nouvelle, après le retour à Sèvres, résultant des deux moyennes obtenues au Bureau comparées à la mesure faite entre temps au National Physical Laboratory :

$$\text{Teddington} - \text{Sèvres} = + 45^{\mu}.$$

» En juillet 1932, mesure à Varsovie, voyage rapide grâce aux précautions prises par M. Rauszer; malgré cela, les fils reviennent avec un allongement de 53^μ, rendant fort difficile l'appréciation des écarts entre Varsovie et Sèvres, qu'il est permis de supposer égaux à :

$$\text{Varsovie} - \text{Sèvres} = + 58^{\mu},$$

en se basant surtout sur la différence des fils du modèle courant qui avaient aussi participé à la comparaison, mais n'avaient subi pendant le voyage que des variations bien inférieures à celles qui affectaient les autres fils.

» Enfin, les fils sont partis pour Washington, et l'écart trouvé en Amérique, sur lequel on ne pourra s'appuyer sérieusement qu'après la mesure de retour, qui sera faite dès la rentrée de ces fils, semble être de

Washington — Sèvres = + 25^µ.

» Étant données les variations de longueur des fils, inévitables au cours de ces longs voyages, leurs séjours à des températures assez variables, le manque de surveillance pendant les transports au point de vue température, la connaissance assez précaire de leur dilatabilité, il ne semble pas que cet écart moyen de deux millièmes, alors que chaque mesure séparée ne prétend pas à une exactitude supérieure au millionième, dépasse ce qu'il était raisonnable d'escompter. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Maudet de son Rapport, qui n'appelle aucune décision de la Conférence.

Il donne ensuite la parole à M. GUILLAUME pour la communication suivante sur les matériaux destinés à la confection des masses étalons :

« Il y a fort longtemps, nous avons cherché à remplacer le platine par le tantale. Nous avons obtenu effectivement, de la Maison Siemens, un poids en tantale, qui était parfaitement sain, et qui, grâce à la forte densité de ce métal, aurait pu remplacer le platine iridié. Les essais qui furent faits avec ce poids montrèrent une parfaite stabilité. Mais la Maison Siemens, qui était seule à livrer ce métal, ne pouvait pas garantir des masses plus grandes que 200^g. De plus, le tantale revenait à peu près au prix du platine iridié. Nous abandonnâmes provisoirement ces recherches.

» Plus tard, on réussit à préparer le tungstène métallique, et même à l'agglomérer en masses supérieures à 1^{kg}. Malheureusement, ces masses ont fréquemment des criques, et il fut impossible d'en obtenir qui en fussent complètement exemptes; si l'on réussit à en avoir de satisfaisantes, le tungstène pourra devenir un élément convenable pour faire des étalons de masse. Sa densité (19 à 19,5), son extrême dureté, sa température de fusion (3200°), et son prix modéré, font que ce métal serait particulièrement approprié à la fabrication des poids de précision. Il résiste à froid à l'attaque des acides et du mercure, mais il s'oxyde facilement à température élevée. »

Au cours de cette communication, M. GUILLAUME fait circuler parmi les Délégués plusieurs spécimens de poids en tungstène préparés au Bureau international.

La séance est suspendue à 16^h 20^m et reprise à 16^h 40^m.

L'ordre du jour appelle l'étude des longueurs d'onde étalons.

M. PÉRARD rappelle que les études de radiations, entreprises par lui depuis longtemps déjà, consistent en de simples comparaisons des longueurs d'onde des raies à étudier avec la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, comparaisons qui ont été exécutées à l'interféromètre Michelson, avec toutes les précautions nécessaires pour éviter les erreurs systématiques, si faciles à commettre avec les interférences lumineuses. Ces expériences ont été reprises récemment, parce que, après le transport de l'interféromètre Michelson dans la nouvelle salle, et avec l'utilisation du nouveau prisme au cinnamate d'éthyle à grande luminosité et à forte dispersion, il était possible d'avoir des résultats plus précis avec une moindre fatigue des yeux.

Les résultats des comparaisons ont été exprimés au moyen de graphiques comportant en abscisse la différence de marche, et en ordonnée l'écart (en fraction de frange) entre l'excédent fractionnaire observé et l'excédent fractionnaire que l'on calcule par le rapport des longueurs d'onde, en admettant, pour la raie étudiée, une valeur approchée, et pour la raie rouge du cadmium, la valeur provisoirement fixée de $0^{\mu},643\ 846\ 96$ dans les conditions normales.

Il est évident que si la radiation étudiée est fine et monochromatique, et si la longueur d'onde admise est exacte, les points se répartissent sur l'axe des X, aux erreurs d'observations près, et que si la longueur d'onde est légèrement inexacte, les points s'éloignent progressivement de cet axe des X sur une droite. Si la raie est complexe, on peut se rendre compte de ce qui doit se passer en appliquant la règle de composition graphique de Fresnel. M. Pérard montre les courbes théoriques correspondant à divers cas de deux ou trois composantes qui sont reproduites par chacune des deux raies jaunes du mercure, et par la plupart des raies du néon renversées. Inversement, dans les cas les plus simples, l'aspect d'une courbe permet une analyse approchée de la structure fine de la raie.

Le but d'une semblable étude est essentiellement métrologique; elle permet, au moyen de la correction lue en ordonnée, d'utiliser une raie complexe à une différence de marche quelconque, comme si cette raie était fine, monochromatique et possédant exactement la longueur approchée par rapport à laquelle a été établie la courbe; elle doit aussi déceler les raies complexes par la périodicité de la position des points en fonction de la différence de marche.

Sans revenir sur les expériences anciennes, qui ont été publiées en annexe des Procès-Verbaux du Comité international, l'auteur rappelle que, moyennant l'application des corrections lues sur ces courbes, les raies du mercure, et principalement les deux raies jaunes, sont susceptibles de rendre d'excellents services en métrologie.

En ce qui concerne les raies du krypton, il passe en revue les principales; il note au passage que la raie verte, très intense, 5570, n'a que peu d'imprécision (deux centièmes de frange), due à ses satellites; mais sa visibilité baisse rapidement au delà de 250^{mm}. Le krypton jaune, 5871, a été proposé par le Bureau of Standards comme étalon de longueur d'onde; on remarque sur le graphique une légère oscillation, qui tendrait à confirmer la présence de satellites signalée par certains auteurs; le graphique montre que la valeur réelle de la longueur d'onde serait légèrement plus élevée que celle à partir de laquelle a été fait le graphique; elle atteindrait approximativement 5870,9161 UA; la visibilité de cette raie tombe dès 220^{mm}.

M. Pérard a précédemment un peu calomnié la raie jaune-vert, 5650, préconisée par M. Kösters comme étalon de longueur d'onde; avec le nouveau prisme, beaucoup plus lumineux que l'ancien, il est à même de pointer cette raie avec une bonne précision; néanmoins, il conserve l'opinion qu'un étalon de longueur d'onde doit être plus intense.

La raie verte 5562, proposée par lui-même comme étalon, donne des interférences nettement visibles, à la température ambiante, bien au delà de 330^{mm}, distance à laquelle elle peut être pointée sans difficultés. A cette différence de marche, c'est la seule qui conserve une telle visibilité. L'auteur reconnaît qu'il a peut-être eu tort d'ajouter une décimale à celle du dix-millième d'ångström; l'ensemble des expériences, au nombre de 18, exécutées entre 100 et 210^{mm}, conduisait à la valeur très précise qu'il a indiquée, avec une erreur probable calculée de ± 2 unités du cent-millième d'ångström; cependant, les toutes dernières expériences paraîtraient donner une valeur de la longueur d'onde très légèrement plus faible. A quoi attribuer cet écart systématique? Dans les deux cas, les lampes ont été changées au cours même de la série d'expériences; on peut se demander s'il n'y aurait pas là quelque influence, à peine perceptible, d'isotopes; le cadmium utilisé les années précédentes était un reste des expériences de R. Benoît; celui qui a été mis dans les dernières lampes est une acquisition nouvelle. Toutefois, cette hypothèse n'est émise que sous toutes réserves.

Les raies orangée 5994 et rouge 6456, qui ont commencé à être étudiées, révèlent seulement le bon accord des expériences avec la longueur d'onde admise en partant, pour l'une, des valeurs données par M. Kösters, et pour l'autre, du chiffre trouvé dans le volume des Constantes.

Pour ce qui concerne les raies du cadmium, la raie verte intense, 5086, n'est pas renversée dans la lampe Michelson, où elle peut rendre de grands services, mais elle apparaît nettement renversée dans la lampe Osram, la distance entre les deux composantes du dédoublement étant approximativement de 0,01 UA.

Quant à la raie rouge étalon, 6438, M. Pérard rappelle d'abord qu'il a obtenu

son renversement dans une lampe Hamy sans électrodes, où la différence de potentiel entre les bornes atteignait 1800 volts, au lieu de 400 à peine dans les lampes Michelson. La même raie émise par la lampe Osram, à l'intensité de 2 ampères, est sensiblement plus large que dans la lampe Michelson; la visibilité tombe à une différence de marche de 220^{mm} dans la première, tandis qu'elle reste suffisante jusque vers 280^{mm} dans la deuxième.

L'interféromètre Michelson est actuellement réglé à la différence de marche de 280^{mm} ; et MM. les Délégués peuvent constater de leurs yeux que de toutes les raies du krypton et du cadmium, seule la raie 5562 donne une bonne visibilité à cette distance pour la température ambiante.

M. PÉRARD a refait encore quelques expériences de comparaison entre la longueur d'onde d'une même raie du krypton émise tantôt dans l'azote liquide, tantôt à la température ambiante; il n'a retrouvé aucune divergence systématique. D'autre part, il avait constaté depuis longtemps que lorsqu'un corps conducteur vient approcher ou toucher la paroi d'une lampe illuminée sous courant alternatif, la différence de potentiel aux bornes baisse sensiblement, et la visibilité des raies émises s'en trouve quelque peu améliorée; le phénomène est particulièrement sensible si l'on enveloppe le tube axial d'une lampe avec du papier métallique relié à l'une des bornes (pour certaines lampes à krypton, la différence de potentiel aux bornes tombe de 860 volts à 470 volts). La comparaison des longueurs d'onde dans les deux conditions n'a révélé encore aucun écart systématique.

M. le PRÉSIDENT remercie M. PÉRARD de ses très intéressants travaux.

M. SEARS se joint à cet éloge. Il profite de cette occasion pour faire remarquer que le Mètre a déjà été mesuré cinq fois en longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium: par Michelson, par Benoit, Fabry et Perot, par Watanabe et Imaizumi, par lui-même, et tout récemment par M. Kösters. Tous les résultats obtenus sont en très bonne concordance, et la précision paraît être du même ordre que dans la comparaison des mètres à traits. Il est donc d'avis que le moment est venu d'examiner sérieusement la question du remplacement de la définition du Mètre au moyen de l'étalon en platine iridié par la définition en longueurs d'onde. Il a émis ce vœu au sein du Comité international, et, après une très longue discussion, le Comité a accepté de mettre à l'étude le principe de cette question. Il demande donc à la Conférence de sanctionner cette décision.

M. PÉRARD présente une remarque au sujet de la concordance des mesures successives du Mètre en longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium. Cette concordance présuppose l'identité de certains facteurs (état hygrométrique de l'air, teneur de l'air en acide carbonique, etc.), qui n'ont pas été déterminés

dans les premières mesures ; or, cette identité est sujette à caution, d'où il résulte que la concordance pourrait être moins étroite qu'elle ne ressort des chiffres.

M. KÖSTERS donne quelques renseignements sur les mesures effectuées à la Reichsanstalt. En voici les résultats, avec ceux des mesures antérieures :

λ rouge Cd =	0 ^m ,64384672	Reichsanstalt,
»	696	Fabry et Perot,
»	675	Watanabe et Imaizumi (mètre n° 10),
»	695	» » » » (» n° 20),
»	703	National Physical Laboratory.

M. KÖSTERS remet à la Conférence les deux résumés des travaux exécutés par M. Lampe et lui-même (*voir* Annexe II, p. 79). Il ajoute que la raie rouge du cadmium de la lampe Osram concorde parfaitement avec celle de la lampe Michelson ; la différence ne dépasse pas un cent-millionième. Le verre de la lampe Osram a l'avantage de n'être pas réduit par le cadmium ; si l'on construit la lampe Michelson avec du verre Osram, sa durée de fonctionnement augmente considérablement : elle peut atteindre 1000 heures.

M. ZALUTZKY remet une Note de M^{lle} Romanova et M^{me} Ferchmin d'après laquelle toutes les raies proposées jusqu'ici comme étalons de longueur d'onde, raie rouge du cadmium (6438), raies du krypton jaune (5871), jaune-verte (5650) et verte (5562), auraient des satellites.

M. VOLTERRA confirme que le Comité international se déclare disposé à étudier le principe de la définition ultérieure du Mètre au moyen d'une longueur d'onde lumineuse.

M. le PRÉSIDENT propose à la Conférence de sanctionner cette déclaration. Cette proposition est adoptée à l'unanimité (RÉSOLUTION 6).

M. le PRÉSIDENT signale le grand intérêt de ces études. Pour qu'une longueur d'onde lumineuse puisse servir d'étalon de longueur, il faudra que certains facteurs soient bien définis, en particulier la composition de l'air de la salle ; il faut aussi être sûr de l'homogénéité des substances introduites dans les lampes, ce qui conduira à vérifier l'hypothèse émise de l'existence d'isotopes du cadmium.

M. SEARS indique que les mesures du National Physical Laboratory ont été faites également dans le vide, ce qui évite une partie des difficultés signalées.

M. PÉBARD ajoute que, d'après certains renseignements, le cadmium du commerce proviendrait presque uniquement d'Angleterre (Derbyshire ou Cumberland), et d'Allemagne (Freiberg et Silésie). On pourrait essayer comparativement du cadmium de ces deux pays.

La séance est levée à 17^h 20^m.

TROISIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENU AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETRUIL

LE VENDREDI 6 OCTOBRE 1933.

Présidence de **M. A. COTTON**,
Membre de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Sont présents :

- A. *Les Délégués* : MM. ASSETTATI, BALLENEGGER, BRUHAT, CABRERA, CHIBA, CORBINO, DE LANNOY, DELANO, DZIOBEK, GALBIS, GRABE, ISAACHSEN, JANET, JIMBO, JOHANSEN, KARGATGHIN, KENNELLY, KÖSTERS, MAC LENNAN, MASCIAS, MIZOGUCHI, POSEPAL, RAUSZER, REGGIANI, ROŠ, SEARS, VON STEINWEHR, VIRAJJADES, VOLTERRA, WELLIK, ZALUTZKY, ZEEMAN.
- B. *Le Directeur et le Sous-Directeur du Bureau international* : MM. GUILLAUME et PÉRARD.
- C. *Les invités* : MM. HOLWECK, LOMBARDI, MAUDET et VOLET.

La séance est ouverte à 15^h 10^m.

M. le **SECRETARE** donne lecture du procès-verbal de la deuxième séance.

M. SEARS demande que les remarques suivantes soient ajoutées à ce procès-verbal : A propos de l'indication donnée par M. GUILLAUME dans « Les Récents Progrès du Système Métrique » (p. 16) sur le rapport 0,9144 entre le yard et le mètre, il y a plusieurs raisons de soupçonner que ce rapport a quelques fondements historiques. D'autre part, si la Conférence arrive un jour à sanctionner la définition du mètre en longueurs d'onde, M. SEARS est autorisé à déclarer que le National Physical Laboratory demandera au Board of Trade d'en faire de même pour le yard. Il est probable que le Bureau of Standards adopterait alors la même attitude, et que la Grande-Bretagne et les Etats-Unis s'entendraient ensuite pour adopter la même définition du yard.

Avec cette addition, le procès-verbal est adopté.

M. le Président salue la présence de M. Lombardi, Président du Comité électrotechnique italien, qui a été invité à la séance.

M. le PRÉSIDENT informe MM. les Délégués que la première question à l'ordre du jour de la séance est celle de l'échelle absolue de température. Mais le Mémoire de MM. Keesom et Tuyn est arrivé seulement depuis quelques jours et le Bureau n'a pas eu le temps de l'étudier. Ce rapport devrait d'ailleurs servir de base à la discussion de la question dans une Conférence internationale de Thermométrie, qui serait convoquée sous les auspices de la présente Conférence et qui aurait pour but de rendre définitive l'échelle provisoire adoptée en 1927.

Sur la proposition de M. le Président, la convocation de cette Conférence de Thermométrie est sanctionnée à l'unanimité (RÉSOLUTION 7).

Néanmoins, comme il a été retrouvé dans les spécifications de 1927 un certain nombre de petites erreurs ou obscurités de rédaction, quelques délégués proposent un texte corrigé.

M. SEARS est d'accord sur le texte corrigé, sauf sur un point qui lui paraît ambigu.

M. PÉRARD lit une modification de ce texte qui donne satisfaction à M. Sears.

Le texte corrigé, finalement adopté (RÉSOLUTION 8), est donné en annexe (Annexe I, p. 73).

M. ZALUTZKY, résumant le deuxième paragraphe de son Rapport général (*voir* Annexe III, 2, § *b*, *c* et *d*, p. 84), qui a trait à cette question, fait remarquer que les spécifications en question traitent d'une façon plus détaillée les thermomètres à résistance que les thermo-couples et ne touchent que fort superficiellement aux pyromètres optiques. D'autre part, si l'on tient compte des différences dans les qualités des matériaux employés comme repères (spécialement au point de vue de la pureté), ainsi que dans les méthodes de travail, les échelles de température établies dans les divers laboratoires nationaux peuvent ne pas toujours coïncider complètement. Il est évident qu'une échelle de température réellement internationale ne pourra être établie que d'après les comparaisons effectuées dans les divers laboratoires. Il propose donc, au nom de l'Institut de Recherches scientifiques pour la Métrologie et la Standardisation de l'U. R. S. S. (I. M. S.), que l'échange international de thermomètres à résistance et de thermo-couples, qui s'effectuait sporadiquement jusqu'à présent, devienne obligatoire, et cela dans un ordre fixé par le Comité international. En ce qui concerne les températures élevées qu'on détermine avec les pyromètres

optiques, des spécifications devraient être stipulées, et le travail de comparaison également élargi.

Comme suite aux réflexions qui précèdent, l'I. M. S. exprime le vœu que le Comité international soit chargé de compléter davantage encore les spécifications concernant l'échelle de température dans le sens indiqué, afin que tous les instruments et toutes les méthodes de travail employés soient unifiés.

M. VOLLET signale qu'il y a dans les Comptes Rendus de la Septième Conférence générale une formule de réduction pour la température d'ébullition de l'eau qui donne des résultats inexacts dans certaines conditions. Il faudrait soit la modifier, soit indiquer les limites dans lesquelles on peut l'utiliser.

M. le PRÉSIDENT suggère que les propositions précédentes soient renvoyées à la Conférence de Thermométrie prévue, qui pourra les étudier à loisir.

Cette suggestion a été adoptée à l'unanimité.

L'ordre du jour appelle une communication sur les valeurs des ohms étalons et des volts étalons (représentés par des éléments Weston) appartenant à divers pays.

M. PÉRARD résume les expériences exécutées au Bureau international, de novembre 1932 à janvier 1933, sur les comparaisons des étalons électriques.

Pour ce qui concerne les ohms, les comparaisons ont porté sur 12 étalons : deux de la Reichsanstalt, deux du National Physical Laboratory, deux du Laboratoire central d'Électricité, deux de l'Electrotechnical Laboratory de Tokyo, et quatre du Bureau international. Tous ces étalons sont des bobines de manganine comportant, sauf pour ce qui concerne les étalons japonais, des prises de potentiel. On s'est efforcé de comparer les étalons dans les mêmes conditions où ils étaient employés dans leur laboratoire d'origine; c'est ainsi que les ohms de la Reichsanstalt ont été constamment maintenus à l'état hygrométrique 1/2.

La méthode utilisée a été celle du pont double de Thomson; le pont, construit par l'Association des Ouvriers en Instruments de Précision, comporte quatre résistances de 1000 ohms, ajustées à 0,1 ohm près. Le galvanomètre est du type Zernicke de Kipp et Fils (modèle Zd), à résistance intérieure de 25 ohms et période d'oscillation libre 3 secondes; résistance d'amortissement critique 2000 ohms, qu'on peut abaisser à 1000 par shunt magnétique; le spot, constitué par l'image d'une fente étroite, s'observe sur une échelle placée à 4 mètres de distance du galvanomètre. Le courant principal étant de 1/10 d'ampère, on peut apprécier le 1/10 de microhm.

Toutes les comparaisons étaient faites seulement par couples de deux étalons qui se succédaient dans la même branche du pont, l'autre branche étant occupée par une tare; l'équilibre entre les deux branches était réalisé par des shunts,

dont la lecture exprimait le résultat d'une opération; chaque ohm était muni d'un thermomètre dont le réservoir était situé au centre de la bobine; une même comparaison comprenait quatre mesures sur chacune des deux bobines.

Les coefficients thermiques d'un certain nombre des ohms à comparer, et en particulier de tous ceux du Bureau international, étaient inconnus. Pour obtenir les valeurs des différences à 20° on a fait deux fois les comparaisons, à des températures encadrantes, la première fois vers 19°,7, la deuxième fois vers 20°,3; et pour tenir compte de la variation de résistance des bobines avec le temps, un nouvel ensemble d'expériences a été repris ensuite dans l'ordre inverse, en commençant par 20°,3 et en terminant par 19°,7. Les observateurs, qui étaient MM. Pérard et Romanowski, ont fait chacun séparément la totalité des observations qui viennent d'être indiquées. Ces résultats ont conduit : 1° aux valeurs les plus probables de toutes les différences à 20°; 2° à des coefficients thermiques relatifs approchés; 3° à des coefficients de variation dans le temps également relatifs pour chacun des étalons. Sauf pour les étalons japonais, dont le Laboratoire d'origine est trop éloigné, les étalons des bureaux nationaux avaient été déterminés dans leur laboratoire, non seulement avant d'être envoyés au Bureau international, mais encore après les expériences. Au moyen de ces valeurs on a pu déduire :

1° Les rapports suivants des unités des divers pays à leur moyenne Ω_m :

Allemagne.....	$\Omega_A = 0,999987_5 \Omega_m$
Angleterre	$\Omega_G = 0,999976_3 \Omega_m$
France.....	$\Omega_F = 1,000062_3 \Omega_m$
Japon	$\Omega_J = 0,999973_9 \Omega_m$

2° Des coefficients thermiques absolus approximatifs;

3° Des coefficients absolus de variation dans le temps qui se sont trouvés malheureusement très élevés, en particulier pour les bobines du Bureau international.

Depuis cette époque, il a été fait, par les mêmes auteurs, des déterminations directes des coefficients thermiques entre 17° et 23°, en plaçant les résistances en comparaison dans deux vases Dewar, dont l'un pouvait subir une élévation de température déterminée, tandis que l'autre restait à la température ambiante, très approximativement constante. Les résultats se sont trouvés en concordance satisfaisante avec ceux qu'avaient donné les expériences relatives, sauf pour ce qui concerne l'un des étalons qui est affecté d'une hystérésis considérable.

Très frappé des avantages que présenterait la possibilité de stabiliser les étalons de résistance par le recuit à 550°, préconisé par le Bureau of Standards, on s'est préoccupé de trouver un constructeur qui accepte d'appliquer cette méthode; et la commande vient d'être faite par le Bureau international de deux ohms ainsi traités.

En raison des décisions qui vont être prises, de passer des unités internationales aux unités absolues, le Bureau d'une part vient de commander des ohms avec des bornes supplémentaires correspondant approximativement à l'ohm absolu, et d'autre part, il se préoccupe de mettre son installation en état de déterminer avec précision des écarts aussi considérables que ceux qui existent entre l'unité actuelle et l'unité absolue, et, dans ce but, il étudie les méthodes et les instruments nécessaires pour la détermination précise des multiples et sous-multiples de l'ohm, qui serviront à l'étalonnage des shunts.

La comparaison des éléments Weston a été principalement exécutée par MM. Romanowski et Roux. Sont entrés dans les comparaisons cinq éléments neutres de la Reichsanstalt, six éléments acides du National Physical Laboratory, cinq éléments de l'Electrotechnical Laboratory de Tokyo, quatre éléments neutres du Bureau of Standards, et trois groupes de six éléments acides du Bureau international.

Les expériences ont été faites au moyen d'un potentiomètre de série, de l'Association des Ouvriers en Instruments de Précision, à cinq manettes allant de 10000 ohms à 1 ohm, avec une boîte supplémentaire en dixièmes d'ohm. L'écart entre deux plots consécutifs de cette dernière correspond à 10 microvolts, et provoque un déplacement du spot de 7 millimètres, qui permet l'interpolation à une fraction de microvolt près. Le galvanomètre est encore du modèle Zernicke de Kipp et Fils, type Ze, à résistance intérieure de 25 ohms, période d'oscillation libre de 7 secondes, avec mise en dérivation d'une résistance correspondant à l'amortissement critique.

Ici encore, les comparaisons ont été faites seulement par groupe deux à deux, les éléments des deux groupes en comparaison se succédant alternativement dans le circuit de mesure. Les comparaisons exécutées dans toutes les combinaisons possibles font ressortir les valeurs les plus probables des différences, ainsi que les erreurs résiduelles qui donnent l'ordre de grandeur de la précision qu'on peut espérer.

Connaissant les valeurs qu'on attribue à chacun de ces groupes d'étalons dans leur laboratoire d'origine, il a été possible d'en déduire encore les valeurs relatives des unités nationales des divers pays, rapportées à la moyenne V_m d'entre elles; ces valeurs sont les suivantes :

Allemagne	$V_A = 1,000008 V_m$
Angleterre	$V_G = 1,000009 V_m$
États-Unis	$V_S = 0,999981 V_m$
Japon	$V_J = 1,000001 V_m$

On doit noter seulement que, contrairement à ce qui a pu être fait pour les ohms étalons, les éléments Weston, d'un transport si délicat, n'ont pas été

renvoyés à leur laboratoire aussitôt après les expériences. Quelque incertitude risque donc d'entacher les résultats précédents, au cas où tous les éléments d'un même pays auraient varié ensemble entre le moment de leur détermination à leur laboratoire et celui de leur comparaison au Bureau international.

Depuis cette époque, M. Romanowski a fait établir un potentiomètre spécial comportant deux circuits de mesure distincts, placés en dérivation sur le circuit principal. Le premier, où la résistance d'opposition peut varier de 10175 à 10191,1 ohms, est destiné à régler le courant principal à l'intensité de 0,1 mA, au moyen d'un élément Weston connu, le second où la résistance d'opposition va seulement de 0 à 16,1 ohms, sert à mesurer la différence de force électromotrice des deux éléments disposés en sens inverses, différence qui ne paraît jamais devoir atteindre l'écart extrême mesurable de 1610 microvolts.

M. PÉRARD signale que, depuis cette époque, le Bureau international a eu l'occasion de comparer avec les étalons qui s'y trouvaient, ceux de Pologne apportés par M. Krukowski, qui a fait lui-même, et avec les physiciens du Bureau, un certain nombre d'expériences, dont les résultats ne peuvent être entièrement connus en raison de l'impossibilité où l'on s'est trouvé pendant une grande partie de l'été de déterminer les coefficients thermiques qui exigent une température ambiante inférieure à 17°. MM. Pérard et Roux ont profité de cette occasion pour refaire une comparaison complète de tous les ohms alors présents au Bureau, comparaison qui n'a pu être encore calculée pour le même motif.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Pérard de cet exposé. Celui-ci ne comporte aucune décision.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Paul Janet pour un exposé de la question des travaux du Comité consultatif d'Électricité et de la constitution d'un Comité consultatif de Photométrie.

M. JANET fait un bref historique du sujet. En 1921, la Sixième Conférence générale avait décidé que le Comité international étudierait la question des unités électriques. En 1927, la Septième Conférence a constitué le Comité consultatif d'Électricité. Les travaux de celui-ci ont abouti, entre autres, à une proposition sur la substitution du système d'unités absolues au système international, qui va venir devant la présente Conférence. En 1929, le Comité international a émis le vœu que le Comité consultatif étudiât les questions photométriques. Ce dernier, après examen, a demandé en 1930 à devenir Comité consultatif d'Électricité et de Photométrie. Entre temps, des négociations avaient été engagées avec la Commission internationale de l'Éclairage, qui

possédait, de son côté, un Comité de Photométrie. La question de leurs relations possibles a été discutée en 1932 dans une réunion officieuse entre représentants de ces deux organismes. Cette réunion a décidé de proposer au Comité consultatif, pour être transmis au Comité international, puis à la Conférence générale, le vœu que le Comité consultatif fût scindé en deux Comités, l'un d'Électricité, l'autre de Photométrie, les spécialistes étant différents dans les deux domaines. Les deux Comités consultatifs seraient constitués sur la même base; ils comprendraient des représentants des grands laboratoires nationaux et des spécialistes. Pour donner satisfaction à un désir de la Commission internationale de l'Éclairage, les spécialistes de la Photométrie seraient désignés autant que possible parmi les membres du Comité spécial de cette Commission. Ces dispositions semblent devoir donner satisfaction à tous les intérêts légitimes groupés autour de cette question.

En conséquence, M. JANET donne lecture de la résolution suivante :

RÉSOLUTION 9. — *Institution d'un Comité consultatif de Photométrie.*

La Conférence générale :

Considérant le vœu exprimé dans la première séance plénière du Comité consultatif en 1933, transmis par le Comité international des Poids et Mesures, tendant à la formation d'un Comité consultatif de Photométrie distinct du Comité consultatif d'Électricité;

Approuve l'organisation d'un Comité consultatif de Photométrie, distinct du Comité consultatif d'Électricité, et ayant pour objet de conseiller le Comité international des Poids et Mesures sur les questions relatives aux systèmes de mesure et aux étalons photométriques;

Ce Comité consultatif sera limité à dix membres et composé :

1° D'un représentant de chacun des laboratoires nationaux désignés par le Comité international;

2° Des spécialistes nominativement désignés par le Comité international;

Le Président du Comité consultatif de Photométrie sera pris parmi les membres du Comité international et désigné par celui-ci;

Dans le but de s'assurer la collaboration des éminentes personnalités de la Commission internationale de l'Éclairage, les spécialistes à désigner nominativement pour faire partie de ce nouveau Comité consultatif seront choisis en tenant compte de la composition du Comité spécial (Select Committee) de ladite Commission;

Les réunions de ce Comité auront lieu autant que possible à la même époque que celles du Comité consultatif d'Électricité.

M. le PRÉSIDENT annonce que le Gouvernement Japonais a remis, par l'intermédiaire de son Ambassade, une Note (Annexe IV, p. 88), où est exprimé le désir que les sessions des deux Comités se succèdent à un court intervalle, et que le règlement intérieur du Comité de Photométrie soit, dans l'ensemble, analogue à celui du Comité d'Électricité. M. le Président ajoute

que, sur ces deux points, le texte de la résolution présentée à la Conférence a, par avance, donné satisfaction aux désirs de la Délégation japonaise.

La résolution, mise aux voix, est adoptée à l'unanimité.

L'ordre du jour appelle la question de la substitution du Système d'unités absolues au Système international.

M. JANET rappelle que, dans les unités internationales, l'ohm est défini par la longueur d'une colonne de mercure, et l'ampère par la masse d'un dépôt d'argent. Or, la réalisation de l'ohm international, d'après les spécifications données, entraîne des travaux considérables et dangereux à cause de la fragilité des tubes de verre; et celle de l'ampère est très minutieuse. Depuis longtemps, on a pensé que les progrès de la métrologie étaient suffisants pour qu'on puisse revenir à la définition des unités électriques par les unités C. G. S. Les étalons serviraient alors d'étalons de comparaison entre les divers pays. Le Comité consultatif a donc émis un vœu en faveur de cette substitution, qui a été approuvé par le Comité international.

M. JANET donne lecture du projet de résolution suivant :

RÉSOLUTION 10. — *Substitution des unités électriques absolues aux unités dites « internationales ».*

Conformément au premier vœu se rapportant aux unités électriques, émis par le Comité consultatif et approuvé par le Comité international des Poids et Mesures;

La Conférence sanctionne le principe de la substitution du Système absolu des unités électriques au Système international;

En considérant d'autre part qu'un certain nombre de laboratoires nationaux n'ont pas encore terminé les mesures nécessaires pour relier les unités internationales aux unités absolues;

Elle décide de reculer jusqu'à l'année 1935 la fixation provisoire du rapport entre chaque unité internationale et l'unité absolue correspondante;

Elle donne, dans ce but, au Comité international les pouvoirs nécessaires pour fixer, alors et sans attendre une autre Conférence, ces rapports, ainsi que la date d'adoption des nouvelles unités.

M. le PRÉSIDENT annonce que, dans la Note remise par l'Ambassade du Japon, est également exprimé le vœu (Annexe IV, p. 88, 2^e alinéa) au cas où le Système absolu serait définitivement substitué au Système international, que la Conférence rédige en termes précis le texte qui devrait servir de base à la modification éventuelle des lois actuellement en vigueur dans les pays qui ont adopté légalement les unités internationales; à défaut d'une pareille précaution, on s'exposerait à des divergences regrettables entre les différents pays.

A propos du dernier alinéa de la résolution, M. de LANNON remarque que, la Belgique ayant déjà légalisé les unités internationales, il faudrait recourir à la voie législative pour substituer aux unités internationales les unités absolues; que la substitution serait réalisée plus aisément si l'on pouvait s'appuyer sur une proposition claire et précise, émanant de la Conférence générale votant avec pleins pouvoirs; qu'une décision du Comité international pourrait paraître à ce point de vue insuffisante.

M. le PRÉSIDENT pense que la substitution envisagée ne peut être reculée jusqu'à la prochaine Conférence générale et que le Comité international, le moment venu, tiendra compte des suggestions présentées.

Après discussion, les résolutions 9 et 10 sont successivement adoptées.

La question qui vient ensuite à l'ordre du jour est celle de l'adoption du radiateur intégral (corps noir) comme étalon fondamental de lumière.

M. JANET rappelle brièvement les diverses étapes de la question, et conclut en montrant que les expériences tentées en divers pays pour réaliser un radiateur intégral à la température de solidification du platine ont conduit à des résultats assez concordants pour qu'on puisse envisager d'ores et déjà la possibilité d'utiliser ce corps noir pour la conservation de l'unité d'intensité lumineuse. En conséquence, il donne lecture du projet de résolution suivant :

Conformément au premier vœu se rapportant à la Photométrie, émis par le Comité consultatif et approuvé par le Comité international des Poids et Mesures;

La Conférence générale, tout en maintenant l'opinion émise en 1930, que l'unité primaire d'intensité lumineuse doit être basée sur le rayonnement du corps noir, estime qu'il serait prématuré de donner à l'heure actuelle des spécifications pour cet étalon;

Mais estimant que la nécessité de rattacher l'étalon primaire choisi aux unités employées aujourd'hui conduira à fixer la brillance d'un corps noir fonctionnant à une température voisine de la température de couleur des lampes à filament de carbone actuellement employées pour conserver l'unité;

Décide de fixer pour cette température la température de solidification du platine, et invite tous les laboratoires nationaux qui n'ont pas encore effectué la détermination de la brillance du corps noir à cette température, à l'effectuer avant 1935;

Elle donne dans ce but, au Comité international, les pouvoirs nécessaires, pour fixer au moment convenable la valeur de la brillance du corps noir à la température de solidification du platine et les spécifications pour la réalisation de ce corps noir.

M. CORBINO se demande s'il est très logique, après avoir créé un Comité consultatif de Photométrie, de lui donner une définition de l'unité de lumière avant qu'il ait commencé à fonctionner; ne vaudrait-il pas mieux renvoyer la question à ce Comité?

M. JANET répond que, si l'on paraît avoir procédé un peu vite, c'est que l'accord des spécialistes était complet. Toutefois, on peut tenir compte de la remarque faite, en ajoutant au dernier paragraphe de la résolution les mots « après avis du Comité consultatif de Photométrie ».

M. SEARS, tout en pensant que c'est la température de solidification du platine qui servira à fixer la brillance du corps noir, propose de renvoyer cette spécification au Comité consultatif de Photométrie.

M. BALLENEGGER appuie cette proposition. La température de solidification du platine est un peu basse; car la température de beaucoup de lampes est supérieure.

M. JANET rappelle que cette température a été choisie pour le rattachement au corps noir des lampes à filament de carbone.

Après discussion, il est proposé de remplacer les deux derniers paragraphes de la résolution par le paragraphe suivant :

Donne dans ce but au Comité international les pouvoirs pour, au moment convenable et après avis du Comité consultatif, fixer les spécifications ayant trait à l'étalon de lumière et prendre les mesures d'exécution nécessaires.

M. SEARS demande ce que signifie l'expression « prendre les mesures d'exécution nécessaires », qui lui paraît trop vague.

M. de LANNOY demande la suppression de cette ligne.

M. VOLTERRA précise que les mots « mesures d'exécution nécessaires » ne comportent pas l'exécution de nouvelles expériences et la création d'un nouveau laboratoire au Bureau.

Sous cette réserve, la résolution modifiée, mise aux voix, est adoptée à l'unanimité moins une voix; le texte en est reproduit ci-dessous.

RÉSOLUTION 11. — Pouvoirs au Comité en vue de l'établissement d'un étalon de lumière,

Conformément au premier vœu se rapportant à la Photométrie, émis par le Comité consultatif et approuvé par le Comité international des Poids et Mesures;

La Conférence générale, tout en maintenant l'opinion émise en 1930, que l'unité primaire d'intensité lumineuse doit être basée sur le rayonnement du corps noir, estime qu'il serait prématuré de donner à l'heure actuelle des spécifications pour cet étalon;

Donne dans ce but au Comité international les pouvoirs pour, au moment convenable et après avis du Comité consultatif, fixer les spécifications ayant trait à l'étalon de lumière et prendre les mesures d'exécution nécessaires.

Comme adjonction à la proposition précédente, M. JANET en présente une autre relative à la suite à donner à la Conférence de Londres. Il rappelle qu'en 1908 une Conférence officielle, réunie à Londres et présidée par Lord Rayleigh, a fixé les unités internationales. Son œuvre a été continuée par un Comité, dit

Comité Rayleigh, qui a travaillé pendant quelques années, mais dont la plupart des membres ont aujourd'hui disparu. Or, il importerait de savoir maintenant quelle est l'autorité qui est chargée de continuer l'œuvre de la Conférence de Londres. La question a été posée devant le Comité consultatif à propos d'un point de détail : la teneur en cadmium de l'amalgame dans l'élément Weston, que certains voudraient voir abaisser. On a fait alors observer que le Comité consultatif n'avait pas l'autorité nécessaire pour modifier les décisions de la Conférence de Londres. C'est là l'origine de la résolution suivante :

RÉSOLUTION 12. — *Confirmation des pouvoirs nécessaires pour modifier les instructions de la Conférence de Londres.*

La Conférence ayant entendu l'avis de M. le Président du Comité international des Poids et Mesures;

Déclare qu'elle se considère comme faisant suite à la Conférence de Londres de 1908, et qu'en conséquence, elle délègue au Comité international tous pouvoirs pour modifier éventuellement les instructions de la susdite Conférence.

M. VOLTERRA confirme l'approbation de cette résolution par le Comité international.

M. BALLENEGGER estime que cette résolution n'est pas nécessaire, puisque les unités internationales adoptées à Londres vont disparaître.

M. de LANNOY pense qu'elle fait double emploi, le Comité consultatif d'Électricité possédant en principe ces pouvoirs.

M. JANET juge, au contraire, préférable de se montrer très précis, afin d'éviter qu'un jour il se crée une nouvelle Conférence qui travaillerait à côté du Comité international.

Après discussion, M. le PRÉSIDENT met la résolution aux voix en procédant à l'appel nominal de chaque État. La résolution est adoptée par 13 voix contre 7 et 2 abstentions. Plusieurs des délégués ayant voté contre, ont tenu à déclarer qu'ils ne sont pas opposés à la résolution au fond, mais qu'ils estiment qu'elle est superflue, étant déjà comprise dans des décisions antérieures.

La séance est suspendue à 16^h40^m pour la visite des nouveaux locaux, sur lesquels M. PÉRARD donne un certain nombre d'explications.

La séance est reprise à 17^h20^m.

L'ordre du jour appelle la question de la dotation du Bureau.

M. VOLTERRA déclare que le Comité international ne demande aucune modification de la dotation actuelle.

M. GUILLAUME présente ensuite un bref exposé des progrès du Système métrique au point de vue technique et administratif (*voir* les pages 22 à 26 des « Récents Progrès du Système métrique »).

A ce sujet, et sur la demande de M. le Président, M. HOLWECK, invité à la séance, donne des renseignements complémentaires sur le pendule astatique qu'il a réalisé avec le Père LEJAY, et sur les résultats des mesures d'intensité de la pesanteur effectuées avec cet appareil.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Holweck de sa très intéressante communication.

M. GUILLAUME résume ensuite les progrès réalisés depuis la dernière Conférence dans les législations de divers pays relativement au Système métrique (*voir* pages 27 à 47 des « Récents Progrès du Système métrique »).

Sur le même sujet, M. ZALUTZKY fait l'exposé suivant :

« Nous avons entendu ici l'exposé des progrès du Système métrique pendant la période qui s'est écoulée entre la Septième et la Huitième Conférence générale des Poids et Mesures.

» M. Guillaume nous a présenté sous une forme remarquable un aperçu complet des nouvelles conquêtes de l'idée émise par les meilleurs représentants de la nation française : pour tous les temps et pour tous les peuples.

» Ordinairement, on ne faisait que prendre note de ces exposés, mais on ne prenait pas de résolutions spéciales les concernant. Cependant, je crois que si nous passons tout simplement aux autres questions du programme, notre travail se bornera seulement à l'enregistrement passif des faits accumulés, et la résolution perdra par cela même de sa force active, ce qui, aux yeux de nos Gouvernements, diminuera la valeur de la question examinée. En raison des considérations sus-indiquées, il est à souhaiter que la résolution qui sera prise soit plus efficace.

» Sans aucun doute, les pays qui ont signé la Convention du Mètre, ainsi que ceux qui y ont adhéré par la suite, ont démontré par cela même leur intérêt pour une large extension du Système métrique. Pour cette raison, une étude approfondie des diverses questions techniques découlant de cette extension, présenterait pour eux un grand intérêt.

» En particulier, l'examen et l'étude des divers facteurs qui contribuent à l'extension du Système métrique, ainsi que de ceux qui en restreignent le développement, doivent présenter un intérêt spécial pour ces pays. Si l'on procède à cet examen et si tous les facteurs de caractère positif et de caractère négatif sont étudiés, il ne sera pas difficile, pour la Neuvième Conférence générale des Poids et Mesures ou pour la Première Conférence de Métrologie appliquée, si celle-ci a lieu auparavant, de tirer, en se basant sur les renseignements

obtenus, des conclusions pratiques sur les mesures à prendre pour faciliter l'extension ultérieure du Système métrique et son introduction organique dans l'industrie et dans les autres branches de l'économie nationale.

» Comme l'U. R. S. S. a introduit le Système métrique il y a relativement peu de temps, elle a dû, plus que tout autre pays, étudier ces facteurs. L'U. R. S. S. a recueilli à ce sujet un grand nombre d'informations, ce qui me permet déjà maintenant de vous faire part de quelques conclusions, afin d'illustrer les considérations ci-dessus. Ces informations m'ont été communiquées par le Comité de Standardisation de l'U. R. S. S.

» Je me permets de vous rappeler que le décret sur l'introduction du Système métrique en U. R. S. S. a été publié en 1918. Pendant les 15 années écoulées, le Système métrique a été solidement introduit dans toutes les branches de l'économie nationale de l'U. R. S. S. Tous les instruments de mesure, tous les appareils et presque toutes les machines et machines-outils que l'U. R. S. S. produit, sont fabriqués maintenant exclusivement en se basant sur le Système métrique. Il est vrai que, dans quelques branches de l'industrie, le Système métrique a été introduit avec un certain retard; par exemple, il a été difficile aux usines fabriquant les machines textiles basées sur le Système britannique d'abandonner les constructions auxquelles elles étaient habituées. D'autre part, ces usines ont dû fournir aux machines existantes les pièces détachées, fabriquées d'après l'ancien système. Cependant, même dans la fabrication des machines textiles, toute la production est basée maintenant sur le Système métrique, et c'est seulement les diverses pièces telles que les écrous, les boulons, les vis, d'une dimension dépassant 6^{mm}, qui sont fabriquées sur la base du Système britannique.

» On fait également grande attention à ce que tous les instruments de mesure, ainsi que les appareils et machines-outils qui sont commandés par l'U. R. S. S. à l'étranger, correspondent aussi aux normes de l'U. R. S. S. demandant l'application des mesures métriques et des unités correspondantes. Il n'y a eu jusqu'ici qu'une seule exception à cette règle. Cette exception concerne l'outillage importé par l'U. R. S. S. des États-Unis d'Amérique, pour l'industrie des automobiles et des tracteurs.

» Cependant il y a maintenant une tendance à réoutiller cette industrie pour la baser sur le Système métrique; c'est pourquoi l'importation de cet outillage a baissé dans une large mesure. En outre, on conclut généralement avec les établissements fournisseurs des contrats, d'après lesquels on ajoute aux machines-outils des engrenages avec le rapport de 50 à 127 ou de 100 à 254 pour pouvoir utiliser les tours à fileter et les machines à diviser pour une production basée sur le Système métrique.

» Il est utile d'ajouter que les maisons anglaises et américaines consentent généralement à admettre la valeur du pouce anglais comme équi-

valant à 25^{mm}, 4, comme cela a été établi par l'Institut de Métrologie et de Standardisation de l'U. R. S. S., et imposé par la norme correspondante.

» Il s'ensuit de ce qui précède que l'U. R. S. S. non seulement introduit chez elle le Système métrique, mais contribue encore à sa propagation dans les pays qui jusqu'ici ne l'ont pas adopté. On ne doit pas sous-estimer la valeur de ce facteur. En effet, l'U. R. S. S. a importé pendant les quatre dernières années divers outils pour une somme se montant à environ 26 milliards de francs français. Les institutions pour le commerce extérieur de l'U. R. S. S. se sont toujours efforcées d'acheter en premier lieu l'outillage et les machines-outils qui sont construits sur la base du Système métrique, et qui donnent une production métrique, par exemple les vis métriques. C'est pour cette raison qu'un stimulant économique très puissant s'est créé dans le but de l'extension du Système métrique. Il faut noter que parmi les machines et machines-outils importées en U. R. S. S., il y en a une grande quantité qui ne sont pas basées sur le Système métrique. Cela s'explique par diverses raisons, parmi lesquelles les unes ont un caractère de conjoncture et d'autres sont la conséquence de la grande échelle sur laquelle se fait l'importation en U. R. S. S. Par exemple, en ce qui concerne les machines-outils, je dois vous signaler qu'en certaines années, par exemple en 1931, l'U. R. S. S. a importé jusqu'à 90 % de toute la production mondiale de machines-outils construites d'après le Système métrique. Comme cette importation ne couvrait pas les besoins de l'U. R. S. S., elle a dû importer aussi les machines-outils construites d'après le Système britannique, ce qui équivaut, pour cette même année, à une somme de 900 millions de francs ou à 1/3 de la production mondiale des machines-outils construites d'après le Système britannique.

» Cependant l'U. R. S. S. restreint chaque année l'achat de machines basées sur le Système britannique, ce que l'on peut constater par les chiffres ci-dessous qui indiquent la baisse de l'outillage importé basé sur le Système britannique, par rapport à toute l'importation des machines en U. R. S. S.

1930.....	59 %
1931.....	40 %
1932.....	21 %

» Je voudrais souligner ici que l'U. R. S. S. tout en restreignant ses commandes de machines-outils, basées sur le Système britannique, ne refuse cependant pas d'acheter à l'Angleterre et aux États-Unis d'Amérique, tout en tâchant d'acheter dans ces pays la production exclusivement métrique.

» L'U. R. S. S. a aussi l'intention dans l'avenir de diriger sa politique technique et économique de façon à stimuler l'extension du Système métrique, comme étant un Système rationnel, qui facilite les relations économiques avec les autres

pays. Il va de soi que l'U. R. S. S. organise et développe sa propre fabrication de machines-outils, se proposant de la porter en 1937 à 5 milliards de francs. Cependant l'U. R. S. S. ne renonce pas à l'importation de machines-outils, et a l'intention dans les années qui vont suivre d'en importer pour une somme de 4 milliards de francs.

» Je me suis efforcé dans mon exposé de signaler certains facteurs qui influent indubitablement d'une façon positive sur l'introduction du Système métrique dans le monde entier. D'une façon analogue on peut aussi signaler les autres facteurs qui agissent dans le même sens et ceux qui entravent cette extension. Je dois ajouter que nous, les métrologistes, ne pourrions pas tout seuls venir à bout de ce travail. Pour cela il serait nécessaire de faire appel aux économistes de tous les pays du monde.

» Voilà pourquoi, avant de passer aux autres questions du programme, je propose à la Conférence de voter la Résolution suivante :

RÉSOLUTION 13. — Mesures à prendre pour favoriser l'extension du Système métrique.

» La Huitième Conférence des Poids et Mesures, après avoir entendu l'exposé des progrès réalisés par le Système métrique, estime qu'il serait désirable que les questions concernant les modalités d'introduction du Système métrique et les facteurs qui entravent son extension soient soumises à une large discussion et à l'étude tant des métrologistes que des économistes et des producteurs. La Conférence espère que la Neuvième Conférence des Poids et Mesures, ou la Première Conférence de Métrologie appliquée si celle-ci a lieu auparavant, indiquera les conditions nécessaires à la propagation ultérieure du Système métrique. »

Cette proposition, mise aux voix, est adoptée à la majorité.

La séance est levée à 18^h 25^m.

QUATRIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETRUIL

LE MARDI 10 OCTOBRE 1933.

Présidence de M. A. COTTON

Membre de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Sont présents :

A. *Les Délégués* : MM. ASSETTATI, BALLENEGGER, BRUHAT, CABRERA, CHIBA, CORBINO, DE LANNOY, DUNANT, DZIOBEK, FAHRI TEVFIK, GALBIS, GRABE, ISAACHSEN, JANET, JIMBO, JOHANSEN, KARGATCHIN, KENNELLY, KÖSTERS, MAC LENNAN, MARRINER, MASCIAS, MIZOGUCHI, POSEJPAL, RAUSZER, REGGIANI, ROŠ, SEARS, STATESCU, VON STEINWEHR, STONE, VIRAJADES, VOLTERRA, WELLIK, ZALUTZKY, ZEEMAN.

B. *Le Directeur et le Sous-Directeur du Bureau international* : MM. GUILLAUME et PÉRARD.

C. *Les invités* : MM. MAUDET et VOLET.

La séance est ouverte à 15^h 10^m.

M. Le PRÉSIDENT annonce que M. le Professeur Zeeman a été proclamé « Docteur honoris causa » de l'Université de Liège, à la séance de rentrée de cette Université, le samedi précédent, et il le félicite au nom de tous ses Collègues de la Conférence.

M. le SECRÉTAIRE donne lecture du procès-verbal de la dernière séance.

Au sujet de la Résolution relative à la continuation de la Conférence de Londres, M. DE LANNOY désire faire remarquer que la Conférence générale des Poids et Mesures de 1927, par un vote unanime et en vertu de la Conférence diplomatique de 1921, a donné en ce qui concerne les unités électriques tous les pouvoirs nécessaires au Comité international des Poids et Mesures, unique organe de direction, institué par la Convention internationale de 1875; il consi-

dère donc que l'autorité du Comité est complète en ce domaine, qu'elle ne peut être ni discutée ni partagée, que la Convention de 1875, telle qu'elle a été modifiée en 1921, lie définitivement les États en ce qui concerne les unités électriques et que, par conséquent, l'œuvre des Conférences antérieures en cette matière est continuée nécessairement par l'Institution internationale des Poids et Mesures. C'est là la raison de son vote négatif sur la résolution proposée, bien qu'il fût tout à fait d'accord sur le fond de la question.

M. CHIBA ajoute que le vote négatif de la délégation japonaise n'est également que la suite d'une divergence sur la question de procédure.

M. KENNELLY indique qu'il a reçu de son Gouvernement l'instruction très précise de ne pas voter sur des questions qui pourraient engager les États, en dehors des deux points suivants : unités absolues et radiateur intégral. Il doit donc être considéré comme s'étant abstenu dans les autres votes.

M. SEARS déclare qu'à la suite des instructions qu'il vient de recevoir, il retire la réserve qu'il avait formulée au sujet d'un point du texte corrigé des spécifications de 1927 relatives à l'échelle absolue de température.

M. STATESCU, délégué de la Roumanie, qui n'a pu être présent à la séance précédente, signale que dans son pays les progrès du Système métrique à enregistrer entre la Septième et la Huitième Conférence générale des Poids et Mesures sont les suivants :

l'introduction du décimètre carré comme unité, et la vérification obligatoire dans cette unité des planimètres qui servent dans le commerce des cuirs;

la vérification obligatoire des densimètres en général;

la vérification obligatoire des appareils pour l'enregistrement du temps et de la distance des taximètres;

la vérification obligatoire des appareils pour débiter l'essence et le pétrole;

l'obligation de la vérification des vases qui servent au transport des boissons alcooliques et des produits pétroliers..

Sous réserve de ces différentes observations, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le PRÉSIDENT donne connaissance d'une lettre de M. ALBERT LEBRUN, Président de la République française, qui exprime ses vifs regrets de n'avoir pu recevoir les membres de la Conférence, étant retenu actuellement loin de Paris.

L'ordre du jour appelle les propositions de MM. les Délégués. M. le PRÉSIDENT rappelle que la plupart des propositions ou comptes rendus remis par écrit à la Conférence ont été examinés dans les séances précédentes au fur et à mesure qu'ont été abordées les différentes questions à l'ordre du jour.

M. ZALUTZKY, au nom de l'U. R. S. S., développe les propositions dont la liste a été remise à MM. les Délégués. L'exposé in-extenso de M. Zalutzky est inséré en annexe (Annexe III, 1, p. 81).

Liste des propositions présentées par la Délégation de l'U. R. S. S. à la Huitième Conférence générale des Poids et Mesures.

I. Afin d'assurer l'uniformité efficace des poids et mesures en se basant sur la pratique existante des comparaisons de différents étalons des pays adhérant à la Convention du Mètre, la Délégation de l'U. R. S. S. propose d'ajouter aux comparaisons internationales déjà établies celles des étalons mentionnés ci-dessous appartenant aux laboratoires métrologiques nationaux.

- a. Étalons de longueur à bouts.
- b. Thermomètres à résistance de platine.
- c. Thermocouples platine-platine rhodié.
- d. Lampes électriques de température.
- e. Étalons de fréquence (kilohertz).

L'organisation des comparaisons de ces étalons doit être confiée au Comité international des Poids et Mesures, qui fixera les termes et les conditions des comparaisons et prendra les mesures nécessaires pour éviter les difficultés de douane pendant le transport de ces étalons.

II. La Délégation de l'U. R. S. S. propose de délibérer sur la question d'adoption de la température normale $t = 20^{\circ}\text{C}$. au lieu de $t = 15^{\circ}\text{C}$. pour les mesures des longueurs des ondes lumineuses.

III. Vu qu'il est très important pour les relations internationales d'avoir des accords assurant l'uniformité non seulement des étalons des unités fondamentales, mais aussi des étalons des unités dérivées et conventionnelles servant dans le Commerce et l'Industrie, la Délégation de l'U. R. S. S. propose de discuter la possibilité d'ajouter dans les programmes des futures Conférences des Poids et Mesures des questions de métrologie appliquée, en premier lieu de mettre en discussion les propositions suivantes :

a. La densité d'un corps est le quotient de la masse du corps par son volume, la densité étant exprimée en grammes par centimètre cube (ou en tonnes par mètre cube).

b. Pour passer des valeurs numériques des densités exprimées en grammes par millilitre à celles exprimées en unités C. G. S. ou M. T. S., la valeur numérique des densités exprimées en grammes par millilitre est divisée par 1,00028.

c. Dans le but de l'unification des échelles aréométriques, maintenant en usage, la Délégation de l'U. R. S. S. propose de recommander l'emploi exclusif des échelles qui donnent ou la densité ou la teneur en « pour 100 » et d'exclure les échelles arbitraires, comme l'échelle Baumé.

d. Dans le but de l'unification des mesures de l'alcool dans les relations commerciales internationales, la Délégation de l'U. R. S. S. propose de confier au Comité international des Poids et Mesures l'unification des tables alcoométriques.

e. La Délégation de l'U. R. S. S. propose d'émettre le vœu d'unification des tables de densité des solutions aqueuses des divers composés organiques, divers acides, alcalis et sels ayant un emploi général en pratique, et de recommander aux Laboratoires métrologiques nationaux de mettre dans les programmes de leurs travaux l'établissement des valeurs numériques de ces densités.

f. La Délégation de l'U. R. S. S. propose d'adopter comme unité de quantité de chaleur une calorie rapportée à 20°C. avec subdivision en 1000 millicalories. Pour assurer la valeur précise de l'équivalent mécanique de la chaleur, le Comité international doit être chargé d'organiser des recherches spéciales. Provisoirement cette valeur peut être fixée égale à $4,182 \cdot 10^{10}$ ergs.

M. VOLTERRA annonce que le Comité international, dans ses séances qui ont précédé la Conférence, a examiné ces propositions et pense que l'on pourrait y répondre comme suit :

RÉSOLUTION 14. — Réponse aux propositions présentées par la Délégation de l'U. R. S. S.

« En ce qui concerne le paragraphe *Ia* demandant la comparaison d'étalons à bouts, le Comité constate qu'une proposition de MM. Kösters et Sears adoptée par le Comité international répond précisément à l'échange international qui est demandé.

» Conformément à la demande *Ib*, des thermomètres à résistance de platine sont déjà échangés entre les Instituts, et le Comité est en effet d'avis qu'il faut encourager et multiplier ces échanges.

» L'échange des thermocouples platine-platine rhodié (*Ic*) dépasse la compétence du Comité, et la proposition en question devrait être transmise aux spécialistes qui ont rédigé les spécifications de l'échelle internationale. L'échange de lampes électriques de température demandé en *Id* a précisément été voté à la dernière session du Comité international.

» Quant aux étalons de fréquence (*Ie*), ils ne sont pas actuellement de la compétence du Comité.

» L'adoption de la température normale de 20° au lieu de 15° pour la mesure des longueurs d'onde lumineuses, serait extrêmement intéressante, et l'on peut remarquer que déjà la Reichsanstalt l'a adoptée pour la pratique courante de ses vérifications; mais, avant d'édicter une prescription tendant à la substitution officielle de la première à la deuxième, il convient d'en peser longuement la répercussion sur la multitude des valeurs de longueurs d'onde exprimées en ångströms, c'est-à-dire dans les anciennes conditions normales; et le Comité ne disposait pas du temps nécessaire, avant la présente Conférence, pour la véritable enquête à laquelle il faudrait se livrer.

» La même réponse s'adresserait également aux paragraphes *IIIa* et *IIIb* (densité exprimée en grammes par centimètre cubé), et *IIIc* (exclusion des échelles de densité arbitraires) auxquels le Comité serait en principe favorable.

» Quant aux paragraphes III*d*, unification des mesures de l'alcool; III*e*, tables de densité des solutions aqueuses; III*f*, calorie rapportée à la température de 20°, ils dépassent la compétence de la Conférence et du Comité international, et seraient du ressort de la Conférence de Métrologie pratique, dont l'organisation a été prévue lors de la dernière Conférence internationale.

» Au sujet des diverses propositions présentées par la Délégation de l'U. R. S. S., le Comité international prend la liberté de rappeler que, conformément aux vues exprimées à la Septième Conférence générale (p. 44), il serait désirable que le dépôt des propositions à discuter fût effectué au moins six mois à l'avance. »

Ces déclarations du Comité international, mises aux voix, sont approuvées.

M. ZALUTZKY passe alors à la deuxième partie de son exposé (*voir* Annexe III, 1, p. 85); il conclut en présentant une proposition relative à l'institution d'un Comité consultatif de Métrologie pratique.

M. VOLTERRA répond que le Comité international, après avoir étudié cette suggestion, propose à la Conférence de voter la résolution ci-après :

« La Conférence ayant été saisie d'une proposition des Délégués de l'U. R. S. S. tendant à constituer un Comité consultatif de Métrologie appliquée auprès du Comité international des Poids et Mesures,

» charge le Comité international de l'étude de cette question;
 » elle lui confère éventuellement les pouvoirs nécessaires pour constituer, sans attendre la réunion d'une nouvelle Conférence, un semblable Comité consultatif, ou tout autre organisme qu'il jugerait mieux approprié pour le but à atteindre. »

M. DE LANNOY fait observer que cette question n'est pas inscrite à l'ordre du jour de la Conférence, et qu'il n'a pas mandat d'émettre un vote à ce sujet.

M. VOLTERRA reconnaît l'exactitude de cette observation, mais ajoute qu'à tout moment un Délégué peut présenter une proposition et prier la Conférence de se prononcer sur celle-ci. Toutefois, si certains Délégués craignent que le Comité ne s'engage trop loin dans la voie indiquée, on pourrait supprimer le dernier alinéa de la Résolution.

Le texte de la Résolution, ainsi modifié, est adopté :

RÉSOLUTION 15. — *Étude de la création d'un Comité consultatif de Métrologie pratique.*

« La Conférence ayant été saisie d'une proposition des Délégués de l'U. R. S. S., tendant à constituer un Comité consultatif de Métrologie appliquée auprès du Comité international des Poids et Mesures,

» charge le Comité international de l'étude de cette question. »

En terminant, M. ZALUTZKY donne lecture des informations suivantes :

1° La Délégation de l'U. R. S. S. informe la Conférence que dans toutes les transactions de l'U. R. S. S. avec les pays utilisant le système des mesures anglaises la valeur exacte du pouce anglais est fixée comme égale à $25^{\text{mm}},4$.

2° La Délégation de l'U. R. S. S. informe qu'il est interdit en U. R. S. S. d'utiliser les échelles aréométriques arbitraires, par exemple, l'échelle Baumé, et que les échelles uniquement admises sont celles qui indiquent ou la densité ou la teneur en pour 100.

3° La Délégation de l'U. R. S. S. informe que l'Institut de Métrologie et de Standardisation de l'U. R. S. S. a achevé l'exécution d'un étalon de longueur à traits. Pour son exécution on s'est servi d'une règle en platine iridié fournie en 1901 par la Maison Johnson-Matthey et C^{ie}. La longueur du mètre et ses subdivisions sont tracées à la température de 20°C.

Les détails que M. ZALUTZKY donne au sujet de la troisième information figurent en Annexe des présents Comptes rendus (Annexe III, 2, p. 87).

M. STATESCU, Délégué de la Roumanie, a été chargé par son Gouvernement de porter devant la Conférence la question des prototypes roumains qui, par suite de circonstances connues, se trouvent actuellement à l'Institut des Poids et Mesures de Léninegrad. Il rappelle la lettre adressée à ce sujet à M. le Président de la Conférence (Annexe V, p. 97). En se plaçant uniquement sur le terrain des nécessités métrologiques, et dans un esprit de bonne camaraderie scientifique, M. STATESCU demande à la Conférence de se joindre à lui pour faire appel à la Délégation de l'U. R. S. S. en vue de rechercher une solution de cette question. Les étalons pourraient être remis en garde au Bureau international des Poids et Mesures, qui les vérifierait et les conserverait jusqu'à ce qu'il soit autorisé, par le Gouvernement de l'U. R. S. S., à les rendre à leurs propriétaires.

M. ZALUTZKY, après avoir pris connaissance de la demande de M. le Délégué de la Roumanie, doit tout d'abord faire connaître à la Huitième Conférence qu'il ne partage pas l'avis de M. Statescu, d'après lequel la question soulevée par lui ne revêt pas un caractère politique. Il trouve, au contraire, que cette question est très délicate et cela l'empêche de prendre une part quelconque à sa discussion. Il se bornera donc à déclarer que sa position ne diffère guère de celle prise par la Délégation de l'U. R. S. S. à la précédente Conférence générale; il veut dire par là que les étalons roumains sont conservés par l'I. M. S. sur l'ordre du Gouvernement de l'U. R. S. S., et seront rendus sans retard à qui ce Gouvernement l'indiquera.

M. ZALUTZKY se permet encore de signaler que les Conférences générales des Poids et Mesures sont convoquées dans le but de discuter les questions pure-

ment scientifiques. Si parmi elles il s'en trouve d'un caractère politique, on doit les ajourner jusqu'à un moment plus favorable, et en attendant discuter les autres questions scientifiques privées de ce caractère.

Pour cette raison il est d'avis que la question soulevée par le Délégué de la Roumanie sort de la compétence de la Conférence, et en conséquence ne devrait pas être discutée davantage par celle-ci.

Il ajoute qu'il craint que cette discussion ne risque d'empêcher à nouveau l'envoi des étalons de l'U. R. S. S., c'est-à-dire du mètre n° 28 et du kilogramme n° 12 pour les comparaisons avec les prototypes du Bureau international, ce qui serait bien regrettable.

Il prie en conséquence M. le Président de bien vouloir exclure cette question du programme de la Conférence.

M. POSEJPAL estime que, les étalons nationaux roumains n'ayant pas encore été soumis à la comparaison en cours, ce qui serait pourtant très intéressant, étant données les pérégrinations qu'ils ont subies, la Conférence peut exprimer le désir que ceux-ci soient remis au Bureau dans ce but.

Sur l'observation que les étalons de l'U. R. S. S. et du Portugal sont dans le même cas, M. POSEJPAL dépose la proposition générale suivante :

« La Conférence souligne l'intérêt scientifique et technique de la comparaison au Bureau international des étalons du mètre et du kilogramme et émet le vœu que tous les étalons non vérifiés soient mis à la disposition du Bureau pour permettre d'achever la première vérification périodique. »

Un débat s'engage sur cette motion. Plusieurs Délégués préféreraient passer à l'ordre du jour.

La plupart des membres de la Conférence estiment que les observations échangées ont suffisamment montré quelle était l'opinion générale des membres présents pour qu'il soit utile de voter une résolution.

M. STATESCU déclare que cette dernière affirmation lui donne une suffisante satisfaction et remercie la Conférence de l'intérêt qu'elle a témoigné à sa communication.

La Délégation du Japon a présenté à la Conférence générale des rapports insérés en annexe (Annexe IV, 2, 3 et 4, p. 88 et suiv.) et résumés ci-dessous, sur les sujets suivants.

1. — *Méthode de mesure par l'onde lumineuse de la valeur de fils Jäderin de 25 m;*
par Noboru WATANABE et Monsuké IMAIZUMI.

« Nous avons déjà achevé la mesure minutieuse par l'onde lumineuse de l'étalon du Mètre et de la mesure de 5^m. Nous avons présenté un rapport à la

Septième Conférence générale les résultats de la détermination de la longueur de 5^m. Nous avons aussi fait un rapport au Comité international en 1929 sur l'invention et la détermination préparatoire de la mesure de 25^m.

Notre rapport actuel concerne la détermination principale de cet étalon de 25^m. Nous avons obtenu un assez bon résultat en faisant notre détermination dans le tunnel d'expérimentation des trajectoires de l'École d'artillerie. En ce qui concerne la précision et la rapidité, notre détermination a surpassé de beaucoup les déterminations précédentes. (Nous avons fait à ce sujet un rapport à l'Académie Impériale du Japon.) A la fin de ce rapport, nous avons parlé du résultat de notre mesure de 100^m sur terre par l'onde lumineuse. »

II. — *Un nouvel alliage*; par HAKARU MASUMOTO.

« Un métal qui ne se dilate pas convient à la fabrication des étalons. Il y a environ trente-cinq ans, M. Guillaume, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, a inventé l'invar. L'auteur du présent rapport a trouvé un alliage de cobalt, de chrome, etc., qui possède un coefficient de dilatation extraordinairement petit. Il a également trouvé un alliage qui ne se dilate pas et un autre qui se contracte par l'élévation de la température.

» De plus, ces alliages présentent les caractères nécessaires pour fabriquer des mesures de qualité supérieure et ils ne s'oxydent pas à l'eau de mer. Deux mesures fabriquées avec cet alliage (par l'Institut de Physique et Chimie) sont exposées à l'occasion de cette Conférence générale. »

III. — *Coefficients de dilatation des nouveaux alliages*; par NOBORU WATANABE.

« A la prière de M. MASUMOTO, M. WATANABE a fait la détermination minutieuse des coefficients de dilatation des nouveaux alliages. Il s'est servi d'une nouvelle méthode, dans les limites des températures habituelles, c'est-à-dire entre 0° et 40°. »

La séance est suspendue à 16^h 30^m pour la visite du caveau renfermant les prototypes internationaux et leurs témoins.

La séance est reprise à 17^h.

L'ordre du jour appelle le renouvellement par moitié du Comité international. Aux termes de l'article 7 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, la Conférence générale doit procéder par scrutin secret au renouvellement par moitié du Comité international. L'article 8 prescrit que : « Lors du renouvellement par moitié du Comité international, les membres sortants seront d'abord ceux qui, en cas de vacance, auront été élus provisoirement dans l'intervalle entre deux sessions de la Conférence; les autres seront désignés par le sort ».

Les membres élus provisoirement depuis la dernière Conférence étant MM. CABRERA, CHATELAIN, JANET, JOHANSEN, KENNELLY, MAC LENNAN, NAGAOKA, POSEJPAL, ROŠ, SEARS, STATESCU, ZEEMAN, dont le nombre dépasse la moitié de l'effectif du Comité international, il n'y a pas lieu d'effectuer le tirage au sort. Les membres du Comité ci-dessus ayant été désignés par le Comité international, en vertu de l'article 14, M. le PRÉSIDENT demande à la Conférence de procéder à leur élection.

Les votes sont recueillis par États. Le nombre des votants étant de 24, le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

MM. CABRERA	23 voix	MM. NAGAOKA	24 voix
CHATELAIN	22 »	POSEJPAL	23 »
JANET	24 »	ROŠ	24 »
JOHANSEN	24 »	SEARS	24 »
KENNELLY	24 »	STATESCU	24 »
MAC LENNAN	22 »	ZEEMAN	24 »

Tous ces membres sont donc élus.

M. PÉRARD lit le procès-verbal ci-après de la visite du caveau renfermant les prototypes :

Procès-Verbal de la visite du Dépôt des Prototypes.

Le 10 octobre 1933, à 16^h 30^m, en présence des Délégués à la Conférence générale assistant à la séance de ce jour et du personnel scientifique du Bureau, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux.

Les deux portes de fer du caveau ayant été ouvertes, ainsi que le coffre-fort qui contient les prototypes, on a constaté, dans ce dernier, la présence des prototypes métriques et de leurs témoins. On a profité de cette visite pour réintégrer dans le coffre-fort le kilogramme n° 7, qui en avait été retiré à la demande de M. Sears.

Sur les instruments météorologiques enfermés dans le coffre-fort on a relevé les indications suivantes :

Thermomètre Tonnelot à mercure et alcool à maximum et minimum :

Température actuelle	13°,5
» maxima	14°,0
» minima	10°,0
<i>Hygromètre à cheveu</i>	85

On a constaté que la pression de l'air, dans le tube de laiton fermé contenant le témoin n° 13, était de 740^{mm} inférieure à la pression atmosphérique de ce jour. On a alors refermé le coffre-fort ainsi que les portes du caveau.

Ce procès-verbal est approuvé.

M. DE LANNOY demande vers quelle époque le Bureau international sera en état, soit de délivrer aux États des copies authentiques des étalons des unités électriques fondamentales susceptibles d'être matérialisées, soit, plus simple-

ment, de procéder à l'étalonnage de bobines de manganine de 1 ohm et d'éléments Weston, établis suivant ses spécifications, qui lui seraient soumis aux fins d'obtenir un certificat officiel.

M. PÉRARD répond que le Bureau est dès maintenant en état de donner des certificats avec des valeurs exprimées non en unités absolues, mais en fonction de l'une quelconque des unités des pays représentés aux comparaisons, ou encore en fonction de l'unité moyenne.

M. VOLTERRA signale que le Comité international a été amené à introduire quelques légères modifications au Règlement intérieur du Bureau, pour le faire concorder avec quelques changements dans le personnel. Quoique cette modification soit dans les attributions du Comité international, il désire, par déférence, la soumettre à la Conférence, ainsi que la création, à titre d'essai, d'une Commission administrative permanente destinée à aider le Directeur dans la gestion du Bureau.

La Conférence approuve ces diverses mesures.

M. VOLTERRA signale d'autre part que le Comité international, qui avait, il y a deux ans, chargé M. Pérard des fonctions de Sous-Directeur, vient de le nommer Sous-Directeur à titre définitif, en raison des grands services qu'il a rendus au Bureau, en particulier pour l'installation des laboratoires d'électricité.

La Conférence manifeste son approbation par d'unanimes applaudissements.

M. le PRÉSIDENT annonce à MM. les Délégués qu'un memento sur la Conférence, contenant toutes les décisions et résolutions votées, sera envoyé dans quelques jours à tous les membres de la Conférence qui en manifesteront le désir. Il sera entendu que ce memento n'a aucun caractère officiel; il est seulement destiné à faciliter l'établissement des Rapports immédiats qui pourraient être demandés à MM. les Délégués par leur Gouvernement.

M. le PRÉSIDENT demande à la Conférence de donner pouvoir au Président et au Secrétaire d'approuver le procès-verbal de la dernière séance. Cette motion est adoptée à l'unanimité.

M. VOLTERRA se fait l'interprète de tous les Délégués pour remercier bien vivement M. COTTON, l'éminent physicien qui a présidé les travaux avec tant de courtoisie et de compétence. Les décisions importantes prises par la Conférence ne sauraient manquer d'avoir une importance pour l'avenir.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Volterra de ses aimables paroles. Quand M. Borel lui a demandé de le remplacer, ce n'est pas sans une certaine appréhension qu'il a accepté cette tâche. Mais tout le monde la lui a si bien facilitée qu'elle est

devenue pour lui un plaisir. Les réunions se sont déroulées dans une atmosphère de compréhension et de bonne volonté réciproques; et il ne lui reste qu'à souhaiter que toutes les assemblées internationales s'inspirent de l'exemple de la présente Conférence.

La séance est levée à 17^h 30^m.

Pour l'approbation des Comptes rendus :

*Le Secrétaire de la Conférence
et du Comité,*
D. ISAACHSEN.

*Le Président
par délégation
de la Conférence,*
A. COTTON.

*Le Président
du Comité international,*
VITO VOLTERRA.





ANNEXE I.

TEXTE CORRIGÉ

concernant l'adoption, à titre provisoire, d'une échelle internationale de température.

Voir l'ÉNONCÉ. Septième Conférence générale, Annexe IV, p. 94.

(Les points corrigés par rapport au texte inséré dans les Comptes rendus de la Septième Conférence générale sont signalés en marge par une étoile ★).

PREMIÈRE PARTIE.

Définition de l'échelle internationale de température.

1. L'échelle thermodynamique centigrade, dans laquelle la température de la glace fondante et la température de condensation de la vapeur d'eau, toutes deux sous la pression d'une atmosphère normale, sont désignées par 0° et 100° respectivement, est reconnue comme l'échelle fondamentale à laquelle seront finalement rapportées toutes les températures.

2. Les conditions expérimentales nécessaires à la réalisation pratique de l'échelle thermodynamique ont conduit à adopter, pour l'usage international, une échelle pratique connue sous le nom d'« échelle internationale de température ». Cette échelle concorde avec l'échelle thermodynamique aussi près que possible, et autant que nos connaissances actuelles permettent de le vérifier; elle doit être définie et facile à reproduire exactement; elle doit, de plus, offrir le moyen de donner une valeur unique des températures dans toute son étendue. Ainsi, elle favorisera l'uniformité dans l'expression numérique des températures.

3. Les températures mesurées dans l'échelle internationale seront désignées d'ordinaire par « ° C. »; mais on peut aussi employer l'abréviation « ° C. (Int.) », si l'on désire appeler l'attention sur l'emploi de cette échelle.

4. L'échelle internationale des températures est fondée sur une série de températures d'équilibre fixes et faciles à reproduire, auxquelles des valeurs numériques sont assignées; elle utilise aussi les indications données par des instruments d'interpolation, repérés à ces températures suivant des procédés généralement acceptés.

5. Les points fixes fondamentaux et les valeurs numériques qui leur sont attribuées pour la pression d'une atmosphère normale sont reproduits dans la table suivante, en même temps que les formules qui représentent la température comme une fonction de la pression de vapeur.

6. Points fixes fondamentaux de l'échelle internationale de température :

a. Température d'équilibre entre l'oxygène liquide et gazeux à la pression d'une atmosphère normale (Point d'ébullition de l'oxygène)..... — 182,97

$$\star \quad t_p = t_{760} + 0,0126(p - 760) - 0,000065(p - 760)^2.$$

b. Température d'équilibre entre la glace et l'eau saturée d'air à la pression d'une atmosphère normale (Point de fusion de la glace)..... 0

c. Température d'équilibre entre l'eau liquide et sa vapeur à la pression d'une atmosphère normale (Point d'ébullition de l'eau)..... 100

$$t_p = t_{760} + 0,0367(p - 760) - 0,000023(p - 760)^2.$$

d. Température d'équilibre entre le soufre liquide et sa vapeur à la pression d'une atmosphère normale (Point d'ébullition du soufre)..... 444,60

$$\star \quad t_p = t_{760} + 0,0909(p - 760) - 0,000048(p - 760)^2.$$

e. Température d'équilibre entre l'argent solide et son liquide à la pression d'une atmosphère normale (Point de solidification de l'argent)..... 960,5

f. Température d'équilibre entre l'or solide et son liquide à la pression d'une atmosphère normale (Point de solidification de l'or)..... 1063,0

★ On définit la pression atmosphérique normale comme la pression exercée par une colonne de mercure de 760^{mm} de hauteur, ayant une masse spécifique de 135,5951 par centimètre cube, soumise à une accélération de la pesanteur égale à 980,665 cm/sec²; elle est équivalente à 1013250 dynes/cm².

★ Il est essentiel, dans une échelle pratique de température, que des valeurs numériques définies soient données à tels points fixes que l'on choisisse. On devrait remarquer, cependant, que, sauf aux points 0° et 100° exacts par définition dans l'échelle thermodynamique centigrade, le dernier chiffre décimal donné, pour chacune des valeurs dans la table, a une signification seulement en ce qui concerne la possibilité de reproduction de ce point fixe dans l'échelle internationale de température. Cela ne veut pas dire que les valeurs soient nécessairement connues avec la même exactitude dans l'échelle thermodynamique.

7. Les procédés d'interpolation conduisent à un partage de l'échelle en quatre régions.

a. Du point de fusion de la glace jusqu'à 660° C., la température t est déduite de la résistance R_t d'un thermomètre étalon en platine au moyen de la formule

$$(1) \quad R_t = R_0(1 + At + Bt^2).$$

Les constantes R_0 , A et B sont déterminées par des comparaisons au point de fusion de la glace et aux points d'ébullition de l'eau et du soufre.

b. De —190° C. jusqu'au point de fusion de la glace, on obtient la température par la résistance R_t d'un thermomètre étalon à résistance de platine au moyen de la formule

$$(2) \quad R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3],$$

★ où les constantes R_0 , A et B sont les mêmes que pour la formule (1); et l'on détermine la constante additionnelle C en comparant le thermomètre au point d'ébullition de l'oxygène.

La pureté et les conditions physiques du platine avec lequel le thermomètre est construit doivent être telles que la proportion $\frac{R_t}{R_0}$ ne soit pas inférieure à 1,390 pour $t = 100^\circ$ et à 2,645 pour $t = 444^\circ,60$.

Le thermomètre étalon, pour l'usage au-dessous de 0°C ., doit, en plus, montrer un rapport $\frac{R_t}{R_0}$ inférieur à 0,250 pour le point d'ébullition de l'oxygène ($-182^\circ,97$).

c. De 660°C . jusqu'au point de solidification de l'or, on déduit la température t de la force électromotrice e d'un thermocouple étalon formé de platine et de platine-rhodium, dont une soudure reste à la température constante de 0° , tandis que l'autre est portée à la température t définie par la formule

$$e = a + bt + ct^2.$$

Les constantes a , b et c sont déterminées en exposant le thermocouple au point de solidification de l'antimoine et aux points de fusion de l'argent et de l'or.

d. Au-dessus du point de solidification de l'or, on détermine la température t par la proportion entre l'intensité J_2 des radiations visibles monochromatiques de la longueur d'onde λ émises par un corps noir à la température t , et l'intensité J_1 des radiations de la même longueur d'onde émises par un corps noir au point de solidification de l'or.

La formule

$$\log_e \frac{J_2}{J_1} = \frac{C_2}{\lambda} \left(\frac{1}{1336^\circ} - \frac{1}{t + 273^\circ} \right),$$

dans laquelle la valeur de C_2 est égale à 1,432 cm. degrés, sert à définir t lorsque $(t + 273)\lambda$ est inférieur à 0,3 cm. degré.

DEUXIÈME PARTIE.

Spécifications détaillées.

1. *Oxygène*. — La température d'équilibre entre l'oxygène liquide et gazeux a été obtenue le plus sûrement par la méthode statique, le thermomètre à pression de vapeur d'oxygène étant comparé avec le thermomètre destiné à être étalonné dans un bain convenable à basse température.

2. *Glace*. — On obtient la température de la glace fondante, comme la température à laquelle de la glace divisée en menus morceaux se trouve en équilibre avec de l'eau pure et saturée d'air sous la pression atmosphérique normale. L'effet d'une augmentation de pression est d'abaisser le point de congélation de 0,007 degré C. par atmosphère.

3. *Vapeur d'eau*. — La température de condensation de la vapeur d'eau est obtenue en se servant d'un hypsomètre disposé de façon à éviter la surchauffe de la vapeur autour du thermomètre, ou sa contamination par l'air ou d'autres impuretés. Si l'on réalise les conditions voulues, la température observée doit être indépendante de la vitesse avec laquelle la chaleur est fournie à la chaudière — sauf dans le cas où la pression à l'intérieur de

l'appareil à ébullition pourrait être influencée —, et du temps pendant lequel l'hypso-mètre est employé.

4. *Soufre.* — Pour étalonner les thermomètres à résistance, la température de condensation de la vapeur de soufre est obtenue en appliquant les spécifications suivantes qui ont trait à l'appareil à ébullition, à la pureté du soufre, aux écrans contre le rayonnement, et, de façon générale, aux procédés employés.

Le tube d'ébullition est en verre, en silice fondue, ou en autre substance analogue, et il a un diamètre intérieur de 4^{cm} minimum et de 6^{cm} maximum. La colonne de vapeur doit être d'une longueur telle que l'extrémité inférieure de l'écran soit à 6^{cm} au moins au-dessus de la surface libre du liquide, et l'extrémité supérieure à 2^{cm} au moins au-dessous de la substance isolante qui protège le tube contre la chaleur environnante. Le chauffage électrique est le meilleur, bien qu'on puisse se servir de gaz; mais la source de chaleur et toute matière bonne conductrice en contact avec elle doivent se terminer à 4^{cm} au moins au-dessous de la surface libre du soufre liquide. Au-dessus de la source de chaleur, le tube est entouré de substance isolante. Tout élément employé pour boucher l'extrémité du tube doit posséder une ouverture libre pour l'égalisation de la pression.

Le soufre ne doit pas contenir plus de 0,02 pour 100 d'impuretés. (Le sélénium est l'impureté qu'on trouve le plus fréquemment en quantité suffisante pour affecter la température du point d'ébullition.)

L'écran est en forme de cylindre, ouvert à l'extrémité inférieure, et muni, à l'extrémité supérieure, d'une partie conique qui serre étroitement le tube protecteur du thermomètre. La partie cylindrique a un diamètre de 1^{cm},5 à 2^{cm},5 plus grand que celui du tube protecteur du thermomètre, et d'au moins 1^{cm} plus petit que celui de l'intérieur du tube à ébullition. Le cylindre doit dépasser d'au moins 1^{cm},5 chacune des extrémités de la bobine servant de thermomètre. A la partie supérieure du cylindre et au-dessous de la portion cylindrique, doit se trouver un espace assez grand pour permettre une circulation libre de vapeur. La paroi de l'écran doit être faiblement réfléchissante; l'écran peut être en tôle métallique, en graphite, etc.

En étalonnant un thermomètre, on chauffe le soufre jusqu'à son point d'ébullition et l'on règle la chauffe de telle façon que la ligne de condensation soit d'au moins 1^{cm} au-dessus de la partie supérieure de la substance isolante. Le thermomètre avec son écran est mis dans la vapeur, et quand la ligne de condensation atteint de nouveau sa hauteur précédente, on fait des observations simultanées de la résistance et de la pression barométrique. Dans tous les cas, on doit avoir soin de vérifier que la température est indépendante des déplacements verticaux du thermomètre et de son écran.

5. *Argent et or.* — Pour étalonner un thermocouple, le métal dont on doit se servir est contenu dans un creuset en graphite pur, en porcelaine réfractaire, ou en toute autre substance qui n'agit pas sur le métal de manière à le contaminer à un degré appréciable.

Il faut que l'argent, quand il est chaud, soit protégé contre l'entrée de l'oxygène.

On place le creuset et sa charge dans un four électrique capable de chauffer le contenu jusqu'à une température uniforme.

On fond le métal et on l'amène à une température uniforme de quelques degrés au-dessus de son point de fusion, puis on le laisse refroidir lentement avec le thermocouple immergé dans le bain, comme il est décrit ci-après.

Le thermocouple monté dans un tube de porcelaine, avec des isolateurs en porcelaine

qui séparent les deux fils, est plongé dans le métal fondu par un trou pratiqué dans le centre du couvercle du creuset. La profondeur de l'immersion doit être telle que, pendant le temps de solidification, on puisse élever ou abaisser le thermocouple d'au moins 1^{cm} à partir de sa position normale, sans changer d'un microvolt la force électromotrice.

Pendant la solidification, la force électromotrice doit rester constante à 1 microvolt près pendant une période de 5 minutes au moins.

On peut aussi, au lieu de déplacer le thermocouple pour constater qu'il n'y a pas d'influence des conditions extérieures sur la température observée, déterminer les points de congélation et de fusion; si ceux-ci ne diffèrent pas de plus de 2 microvolts, les points de congélation peuvent être considérés comme satisfaisants.

6. *Le thermomètre étalon à résistance de platine.* — Le diamètre du fil doit être compris entre 0^{mm},05 et 0^{mm},2.

Le fil de platine du thermomètre doit être monté de façon qu'il soit au minimum de contrainte mécanique, afin que les changements de température puissent exercer un minimum de déformation mécanique sur le platine.

Le thermomètre doit être d'une construction telle que la portion dont on mesure la résistance soit faite seulement en platine, et qu'elle soit à la température uniforme à mesurer.

Après avoir achevé la construction du thermomètre, on doit le recuire à une température de 660° au moins, avant de s'en servir.

7. *Le thermocouple étalon.* — Le platine du thermocouple étalon doit être assez pur pour que le quotient $\frac{R_t}{R_0}$ ne soit pas inférieur à 1,390 pour $t = 100^\circ$. L'alliage doit contenir 90 pour 100 de platine avec 10 pour 100 de rhodium. Il faut que le thermocouple, une fois monté, développe une force électromotrice, quand une jonction est à 0° et l'autre au point de solidification de l'or, de 10200 microvolts internationaux minimum et de 10400 microvolts internationaux maximum. Le diamètre des fils employés dans les thermocouples étalons doit être compris entre les valeurs 0^{mm},35 et 0^{mm},65.

Le point de solidification de l'antimoine, adopté pour l'étalonnage du thermocouple, se trouve entre 0° et 660°, où l'échelle internationale est fixée par les indications du thermomètre étalon à résistance, et la valeur numérique de cette température doit être déterminée par le thermomètre à résistance. On donne, dans l'annexe, le résultat de ces déterminations comme étant à 630°,5, mais on doit déterminer, au moyen d'un thermomètre étalon à résistance, la température de la quantité particulière d'antimoine qui doit être employée dans l'étalonnage du thermocouple.

Le procédé à suivre en se servant du point de congélation de l'antimoine comme température fixe est essentiellement pareil à celui qui a été décrit pour l'argent. L'antimoine a une forte tendance à la surfusion. Celle-ci ne sera pas excessive si l'on ne chauffe le métal qu'à quelques degrés au-dessus de son point de fusion, et si l'on agite le métal liquide. Pendant la solidification, la température doit rester constante à 0,1 degré près pendant cinq minutes au moins.

8. *Les points secondaires.* — Outre les points fixes fondamentaux, on peut obtenir les températures de plusieurs autres points, et l'on peut s'en servir pour étalonner les instruments secondaires destinés à la mesure des températures. Ces points et leurs températures

sont donnés ci-après. Les températures mentionnées sont celles qui correspondent à une atmosphère normale. Les formules concernant la pression de vapeur en fonction de la température sont valables entre 680^{mm} et 780^{mm}.

	Température d'équilibre entre l'acide carbonique solide et gazeux.....	—	78,5
★	$t_p = t_{760} + 0,01595(p - 760) - 0,0000111(p - 760)^2.$		
	Température de solidification du mercure.....	—	38,87
	» transition du sulfate de sodium.....	+	32,38
	» condensation de la vapeur de naphthaline.....		217,96
★	$t_p = t_{760} + 0,058(p - 760).$		
	Température de solidification de l'étain.....		231,85
	» condensation de la vapeur de benzophénone.....		305,9
★	$t_p = t_{760} + 0,063(p - 760).$		
	Température de solidification du cadmium.....		320,9
	» » » du plomb.....		327,3
	» » » du zinc.....		419,45
	» » » de l'antimoine.....		630,5
	» » » du cuivre dans une atmosphère réductrice...		1083
	» » » du palladium.....		1555
	Température de fusion du tungstène.....		3400

ANNEXE II.

DOCUMENTS REMIS PAR LA DÉLÉGATION ALLEMANDE.

1. — Rattachement du Mètre aux longueurs d'onde lumineuses

PAR MM. KÖSTERS ET LAMPE.

Avec les raies du krypton on peut mesurer des étalons à bouts parallèles de 500^{mm} de longueur, au moyen des franges interférentielles de Fizeau, par la méthode des coïncidences. On peut ainsi obtenir le rattachement du Mètre en deux étapes, en se servant, au lieu de la méthode de multiplication jusqu'ici utilisée, d'une simple méthode d'addition, qui garantit avec une certitude absolue le numéro d'ordre des interférences. L'étalon à bouts de 500^{mm} fut d'abord mesuré, et ensuite la différence 990 — 500^{mm}, avec la raie vert-jaune du krypton 0,5651, et avec la raie rouge 0,6458 auxiliaire. Ces raies sont très brillantes, et les franges d'interférence sont encore distinctement visibles à ces grandes différences de marche. La mesure donnait le résultat exprimé en longueurs d'onde dans le vide, alors que les étalons à bouts eux-mêmes se trouvaient dans l'air.

Les longueurs d'onde dans le vide de ces raies ont été rattachées à la raie rouge du cadmium au moyen d'un étalon à bouts de 150^{mm}. Ici la valeur de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium dans le vide, choisie comme référence, fut prise égale à 0^μ,64402496, valeur déduite de celle de Benoit-Fabry-Pérot, à 15°, 760^{mm} dans l'air sec, avec la proportion normale d'acide carbonique de 0,03 pour 100, et calculée au moyen de l'indice de réfraction de l'air avec la valeur 1,00027647 déterminée à l'Abteilung I (Poids et Mesures) de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt pour cette raie dans un air identique.

L'excédent fractionnaire dans le vide est la différence entre l'excédent fractionnaire de l'étalon à bouts dans l'air actuel, et l'excédent fractionnaire d'une chambre à vide d'une longueur exactement égale, baignant dans le même air. La détermination de l'excédent fractionnaire en grandeur et en signe s'obtient par une variation mesurable à la pression atmosphérique. L'air ambiant sert là uniquement comme moyen commode d'interpolation, qui s'élimine d'ailleurs complètement. On s'affranchit par là entièrement des corrections inhérentes à la réfraction de l'air.

La longueur de l'étalon à bouts de 990^{mm} a été déduite de cinq mesures avec une erreur moyenne de $\pm 0^{\mu},02$. La mesure à bouts de 990^{mm} a été transformée en un étalon à traits de 1^m au moyen de deux étalons à bouts auxiliaires, qui sont munis de traits et qui étaient fixés par adhérence moléculaire aux extrémités de l'étalon à bouts de 990^{mm}. La distance des traits de ces deux étalons à bouts a été également mesurée en longueurs d'onde. Cet étalon de 1^m à traits, mesuré en longueurs d'onde, a été comparé sur le grand comparateur de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt au Prototype n° 18 allemand, en prenant comme base la dernière équation fournie par le Bureau international des Poids et Mesures :

$$\text{Prototype n° 18} = 1^{\text{m}} - 1^{\mu},58 + 8^{\mu},6210 + 0^{\mu},001800^{\text{s}}.$$

Les mesures provisoires donnent, pour la longueur de la raie rouge du cadmium à 15°, 760^{mm} dans l'air sec, contenant une proportion normale de gaz carbonique égale à 0,03 pour 100, la valeur 0^m,64384672, au lieu de 0^m,64384696 par Benoît-Fabry-Pérot, 0,64384675 par Watanabe et Ymaizumi (Prototype n° 10), 0,64384695 par Watanabe et Ymaizumi (Prototype n° 20), et au lieu de la valeur actuelle 0,64384703 par le National Physical Laboratory.

2. — Détermination de l'indice de l'air;

PAR MM. KÖSTERS ET LAMPE.

Les mesures de l'indice de réfraction de l'air par Kösters et Lampe à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt donnent pour 20°, 760^{mm}, air sec et débarrassé de gaz carbonique, la relation suivante :

$$n_{20,760} - 1 = \left(268,036 + \frac{1,476}{\lambda_{\text{vide}}^2} + \frac{0,01803}{\lambda_{\text{vide}}^4} \right) \cdot 10^{-6}.$$

Au voisinage de 20° et 760^{mm}, la relation suivante est valable pour l'air sec et dépourvu de gaz carbonique :

$$n_{\theta, h} - 1 = \left(268,036 + \frac{1,476}{\lambda_{\text{vide}}^2} + \frac{0,01803}{\lambda_{\text{vide}}^4} \right) \frac{1 + 20\alpha}{1 + \alpha\theta} \cdot \frac{h}{760} \cdot 10^{-6}.$$

Le coefficient de dilatation de l'air à 0° $\alpha = 0,00367$ s'est montré également valable pour l'indice dans les limites de petites variations de la température et de la pression.

Les mesures ont été effectuées avec une chambre de 2^m de longueur effective. Les mesures sont en bon accord avec celles de M. Pérard et avec les valeurs provisoires du National Physical Laboratory.

ANNEXE III.

DOCUMENTS REMIS PAR LA DÉLÉGATION DE L'U. R. S. S.

1. — Propositions développées par M. Zalutzky
à la Quatrième Séance.

La Convention du Mètre de 1875 fut la première grande tentative faite dans l'histoire pour établir un certain ordre dans le domaine des mesures de longueur et des mesures de masse sur une échelle internationale. Les pays qui ont adhéré à cette Convention ont pu par cela même organiser le Bureau International des Poids et Mesures qui a résolu pendant son existence — et en collaboration avec les Institutions métrologiques des divers pays — beaucoup de questions d'un caractère théorique et pratique, concernant la reproduction des unités de longueur et de masse.

Les travaux du Bureau international des Poids et Mesures ont abouti à la création d'une base solide pour les mesures de précision de longueur, de masse et de température. C'est par ce fait que le Bureau international des Poids et Mesures a acquis une grande autorité aux yeux des Institutions métrologiques du monde entier et est devenu un centre scientifique les unissant, ce qui a permis d'établir l'uniformité des mesures à laquelle tous les États ont toujours aspiré. Le moment le plus important de ce travail du Bureau international et des Institutions métrologiques fut, à mon avis, la comparaison réciproque des étalons appartenant à divers pays. Toutefois, avec le temps, il devint évident que les possibilités qu'offrait la Convention du Mètre ne répondaient plus aux nouveaux besoins surgis dans l'industrie, le commerce et la technique. C'est pourquoi il fut jugé nécessaire, par une Convention complémentaire de 1921, d'étendre aux unités d'électricité l'action de la Convention du Mètre. C'est donc à partir de cette date que les questions ayant trait à ces unités firent partie des travaux effectués par le Bureau international, qui employait toujours la même méthode de comparaison réciproque des étalons.

Étant donné que l'application pendant de longues années de la méthode de comparaison réciproque des étalons s'est pleinement justifiée par le fait même qu'elle contribuait à l'établissement d'une uniformité réelle des mesures, et ayant aussi en vue le besoin nouveau qu'il y a maintenant d'assurer la même uniformité dans les autres mesures, la Délégation de l'U. R. S. S. propose d'établir un ordre déterminé dans la comparaison réciproque de quelques autres étalons, à savoir :

- a. Étalons de longueur à bouts;
- b. Thermomètres à résistance de platine;
- c. Thermocouples platine-platine rhodié;
- d. Lampes électriques de température;
- e. Étalons de fréquence (1 kilohertz).

Les raisons principales de cette proposition sont les suivantes :

a. Étalons de longueur à bouts. — Actuellement on emploie, dans l'industrie de tous les pays du monde, les étalons de longueur à bouts, comme étant la base des mesures industrielles. La précision des objets fabriqués s'accroît de jour en jour, provoquant par cela même le besoin d'avoir des jauges d'une précision de plus en plus grande. Dans tous les pays on vérifie toujours ces jauges dans les usines qui les fabriquent, ainsi que dans les usines qui les emploient. Quant aux étalons des usines, ces derniers sont vérifiés dans les institutions métrologiques du pays.

La méthode la plus perfectionnée pour la vérification des jauges est celle des interférences lumineuses. Sa mise en application pratique s'effectue au moyen de divers procédés et appareils. Comme ces procédés sont différents, chacun d'eux a ses points faibles, en ce qui concerne les erreurs qui peuvent se produire. Tous ces procédés qui donnent une précision d'un ordre de 0,1 micron et davantage, exigent une étude très minutieuse de toutes les circonstances qui provoquent les erreurs. Quoique l'on ait beaucoup fait dans cet ordre d'idées, on ne peut cependant pas dire que toutes ces questions ont été étudiées jusqu'au bout. D'après les mémoires publiés et aussi d'après les expériences du laboratoire d'optique de l'I. M. S., quoique peu nombreuses, une différence dépassant les erreurs commises par chaque laboratoire se révèle, quand on procède aux comparaisons des jauges dans deux institutions métrologiques nationales par la méthode d'interférence.

Les comparaisons de ce genre de jauges planes ont eu jusqu'ici un caractère tout à fait accidentel, de sorte qu'on ne peut pas tirer une conclusion définitive des résultats obtenus.

Pour l'étude de toutes ces questions et pour la détermination de la précision des diverses méthodes d'interférence et de divers appareils, il est nécessaire de faire des comparaisons plus systématiques des jauges dans les institutions métrologiques nationales et au Bureau international des Poids et Mesures. Si les causes des divergences obtenues pendant les mesures d'interférence effectuées par les diverses institutions métrologiques nationales sont révélées, nous pourrions alors créer une uniformité réelle internationale dans les mesures qui sont utilisées le plus souvent dans l'industrie de précision. En outre, ces comparaisons internationales pourront élever la précision de ces mesures mêmes.

b. Thermomètres à résistance de platine; c. thermocouples platine-platine rhodié; d. lampes électriques de température. — Conformément au règlement concernant l'échelle internationale de température qui a été adopté par la Septième Conférence générale des Poids et Mesures, les valeurs des repères ont été prises comme base de cette échelle. En outre les instruments d'interpolation gradués d'après les méthodes indiquées ont été prescrits.

Les spécifications stipulées dans la seconde partie de ce règlement traitent d'une façon plus détaillée les thermomètres de résistance que les thermocouples et ne touchent que fort superficiellement aux pyromètres optiques.

Tenant compte des différences dans les qualités des matériaux employés comme repères (au point de vue de leur pureté), ainsi que dans les méthodes de travail, les échelles de température établies dans les divers laboratoires nationaux peuvent ne pas toujours coïncider exactement entre elles.

Il est évident qu'une échelle de température réellement internationale ne pourra être établie que d'après les comparaisons effectuées dans les divers laboratoires.

Les comparaisons des thermocouples étalonnés, effectuées par la P. T. R., le N. P. L. et

le N. B. S., ont démontré la nécessité d'une normalisation de la pureté chimique des métaux employés pour l'établissement des repères. Indépendamment de cela, l'expérience acquise par l'I. M. S. conduit à la même conclusion. Les différences dans la pureté de l'argent employé par l'I. M. S. et le N. B. S. ont provoqué des divergences dans les valeurs des forces électromotrices concernant ces repères.

Conformément à ce qui précède, il serait à désirer que les spécifications concernant l'échelle de température soient complétées dans le sens indiqué, afin que les instruments et les méthodes de travail employés soient unifiés.

On peut dire la même chose des thermomètres à résistance. L'I. M. S. n'a pas participé aux comparaisons internationales effectuées il y a environ deux ans. Pour cette raison il n'a qu'une expérience unilatérale quant aux thermomètres qu'il a comparés à la P. T. R. Malgré la concordance obtenue, l'I. M. S. est d'avis que le travail doit être poursuivi, dans le but de déterminer l'influence des divers facteurs, par exemple le mode de montage des thermomètres. En outre il serait à désirer que l'on procédât aux comparaisons, non seulement aux points de repère, mais encore aux points intermédiaires.

L'I. M. S. est d'avis qu'un échange international de thermomètres de résistance et de thermocouples, qui s'effectuait jusqu'à maintenant seulement d'après des conventions séparées, soit dorénavant obligatoire, étant un travail d'ordre international embrassant les plus grands laboratoires métrologiques nationaux. L'ordre dans lequel se fera cet échange doit être fixé par le Comité international des Poids et Mesures.

Quant à un échange d'étalons des matériaux de repères, je ne le crois pas nécessaire, si la spécification concrète concernant leur pureté chimique est fixée.

En ce qui concerne les températures plus élevées qu'on détermine avec les pyromètres optiques, une spécification se rapportant aux instruments et aux méthodes de travail employés pour obtenir les points repères de l'or, doit être stipulée. Pendant une période de temps assez longue, on s'est servi, pour la comparaison, de lampes spéciales à large ruban ou fil en tungstène. Malgré des difficultés assez grandes, les résultats des dernières comparaisons ont donné une concordance suffisante. Cependant cela n'a pas lieu dans tous les cas de comparaison. L'expérience de l'I. M. S. qui a eu à sa disposition des lampes françaises et allemandes étalonnées, conduit à cette conclusion que la question de l'emploi de lampes de ce genre utilisées pour la comparaison des échelles de température, n'est pas encore résolue définitivement, et demande un examen ultérieur. Par exemple, après l'étalonnage répété à la P. T. R. de lampes appartenant à l'I. M. S., on a trouvé que leurs indications dépendaient du sens des courants électriques les alimentant, ce dont évidemment il n'avait pas été tenu compte pendant les comparaisons précédentes.

Pour cette raison il est à désirer que, dans ce cas-là aussi, on continue le travail de comparaison mutuelle, en se basant sur une convention déterminée, à laquelle il faudrait faire adhérer le plus grand nombre possible de laboratoires.

En raison de ce qui précède, il me semble aussi indispensable de parvenir à une unification des filtres employés.

e. Étalons de fréquence. — La question de la précision des étalons de fréquence est devenue très importante dans la radiotechnique, le nombre de stations de T. S. F. augmentant de jour en jour. C'est pourquoi on doit arriver à obtenir avec une précision très grande une fréquence donnée pour éviter l'interférence des ondes entre elles. Comme il y a des stations de T. S. F. destinées aux communications internationales, il est évident qu'on

doit procéder aux comparaisons mutuelles des étalons fondamentaux de fréquence appartenant à divers pays. Des comparaisons de ce genre ont été effectuées, et s'effectuent encore maintenant sur l'initiative de quelques laboratoires nationaux. Par exemple le N. P. L. a procédé à la comparaison de ses propres étalons avec ceux d'autres pays en se servant pour cela de quartz piézo-électriques. De temps en temps ces laboratoires envoient, par l'intermédiaire d'une station de T. S. F., des ondes étalons ayant une fréquence égale à 1000 hertz pour les comparer avec les fréquences de la même valeur des autres laboratoires.

La P. T. R. a envoyé dans ce même but par la poste un assortiment de résonateurs lumineux en piézo-quartz. Vu l'importance de la question des comparaisons internationales des étalons de fréquence, cette question a été inscrite au programme du Comité consultatif international de radiocommunications, dont la réunion a eu lieu en 1931 à Copenhague.

Conformément à une décision de ce Comité, les comparaisons des étalons de fréquence, d'après l'état actuel de la radiotechnique, peuvent être effectuées par les méthodes suivantes :

- a. Comparaisons directes de deux ondemètres;
- b. Comparaisons des ondemètres par l'intermédiaire d'un instrument auxiliaire, par exemple les piézo-quartz transportés d'un laboratoire dans un autre;
- c. Transmission des ondes étalonnées pour une haute ou une basse fréquence;
- d. Mesures simultanées des ondes, non étalonnées, mais assez stables d'une station émettrice.

L'I. M. S. est d'avis que ces comparaisons doivent entrer dans la compétence du Bureau international des Poids et Mesures, ce qui permettra d'organiser les comparaisons internationales avec l'aide des institutions métrologiques.

Dans ce qui précède, j'ai essayé d'indiquer les besoins nés des comparaisons réciproques des divers étalons qui reproduisent les unités fondamentales de mesure. J'ai énuméré plusieurs catégories d'étalons à la comparaison desquels l'U. R. S. S. porte maintenant un grand intérêt. Si la Conférence partage mon point de vue, d'autres espèces d'étalons seront peut-être proposées auxquelles ma suggestion pourrait s'étendre. Non seulement je n'aurai pas à formuler d'objections contre une telle extension, mais toute nouvelle idée de ce genre trouvera en moi un appui.

Je ne propose pas de discuter en détail cette question aux séances de la Conférence générale. Je crois qu'il suffirait seulement d'approuver ici la nécessité de telles comparaisons et de confier l'organisation de ces comparaisons au Comité international des Poids et Mesures, qui décidera dans quels délais on devra procéder, et établira leur règlement. Je tiens compte de ce que le Bureau international dans certains cas n'aura pas la possibilité de remplir cette tâche à cause de l'absence des laboratoires nécessaires. Cependant je considère qu'un tel état de choses n'est que provisoire, et j'ai l'espoir que le Bureau international se développera de telle façon que l'on pourra y procéder à toutes les comparaisons sans exception. Mais je trouve que, jusqu'à ce moment-là, le Comité international des Poids et Mesures pourrait s'entendre avec les divers laboratoires nationaux, afin qu'ils procèdent, sur sa demande et pour un prix déterminé, aux comparaisons nécessaires.

Il est utile de signaler encore un détail concernant la question examinée. Le transport des étalons d'un pays dans un autre est lié, dans certains cas, à la traversée de plusieurs frontières et présente toujours beaucoup de difficultés. C'est pourquoi il est à désirer que

le Comité international des Poids et Mesures fasse le nécessaire pour s'entendre avec les Gouvernements des pays qui ont adhéré à la Convention du Mètre, afin de faciliter le transport des étalons, et d'assurer leur conservation pendant la visite douanière. Je ne doute pas que les Gouvernements n'accordent leur bienveillante attention à cette proposition. Par exemple, je puis vous signaler que, lorsque j'ai voulu emporter avec moi de l'U. R. S. S. à Paris quatre caisses d'étalons de force électromotrice et de résistance électrique, je me suis adressé par l'intermédiaire du Commissariat du Peuple pour les Affaires Étrangères de l'U. R. S. S. aux Ambassadeurs, à Moscou, de Pologne, d'Allemagne et de France; et j'ai obtenu très rapidement des lettres de recommandation qui m'ont facilité le transport de ces étalons.

* * *

Je voudrais passer maintenant à une autre question qui me semble présenter une importance tout aussi grande que celle de la comparaison des étalons fondamentaux. Il s'agit de l'établissement, sur une échelle internationale, d'étalons des unités de mesure, autres que les unités fondamentales, à savoir les unités dérivées et conventionnelles. Ces questions sont toujours mises en avant par les Institutions de Métrologie qui sont étroitement liées dans leurs travaux avec l'industrie des pays dans lesquels elles se trouvent. On ne pourra résoudre rationnellement ces questions que dans le cadre d'une union internationale. Il est évident que le Bureau international des Poids et Mesures qui a, à sa disposition, les prototypes des unités fondamentales de mesure, ne peut servir que de centre international, où peuvent être prises seulement des décisions concernant les unités dérivées et conventionnelles, ainsi que les modes de leur reproduction, qui peuvent être acceptés par tous les pays.

Il n'y a pas de doute qu'il y aura beaucoup de questions qui exigeront une large discussion internationale dans le but d'arriver à une entente mutuelle. Ces questions concerneront non seulement l'établissement des unités dérivées et conventionnelles de mesure, mais aussi l'établissement des diverses constantes physiques employées dans l'industrie, le commerce, etc.

Dans la pratique des laboratoires de l'Institut de Métrologie et de Standardisation, beaucoup de questions de ce genre ont déjà surgi; c'est pourquoi je puis dès maintenant donner une énumération des questions les plus importantes en présentant à l'appui des Notes explicatives.

Afin d'illustrer ce qui précède, il me suffit de signaler que, dans les recueils officiels de tables édités dans les divers pays, vous pouvez trouver des divergences dans les valeurs des densités des liquides. Vous n'y trouverez pas davantage ni la concordance dans les unités de densité auxquelles se réfèrent les valeurs des tables, ni l'uniformité dans les températures normales. Ces divergences diminuent considérablement l'importance de ces recueils de tables et se répercutent défavorablement sur les travaux des laboratoires d'usines qui sont obligés de se servir des recueils ci-dessus désignés.

La question soulevée par moi n'est pas précisément nouvelle. Déjà, à la Septième Conférence générale, le délégué de la Pologne, M. Stanislas Rauszer, a émis un vœu tendant à la réunion d'une conférence spéciale pour la métrologie appliquée. Comme on le sait, cette proposition a été également appuyée par le délégué du Mexique. En outre, d'après certaines publications, l'Italie et la Roumanie ont manifesté le même désir, ayant adressé leurs demandes avant 1927 au Bureau international. Cette question a déjà été traitée dans la

Revue de Métrologie Pratique, qui a même tenté d'élaborer un programme de la future Conférence de Métrologie appliquée.

Dans un de ses articles, le rédacteur en chef de la *Revue*, M. Adrien Roux, a émis l'opinion que le plus pratique serait de convoquer les Conférences périodiquement, à condition qu'elles aient lieu tous les six ans, comme les Conférences générales et en alternance avec elles, en un lieu fixe, et avec une langue officielle déterminée. « Ainsi, dit M. Adrien Roux, la Première Conférence internationale de Métrologie Pratique pourrait être fixée pour 1936 ou 1937 : ainsi de trois en trois années se réuniraient des Conférences alternativement consacrées aux étalons fondamentaux de mesure ou aux questions de métrologie appliquée ».

Personnellement je suis d'avis que les questions se rapportant à la métrologie appliquée ne doivent être examinées que par la Conférence générale des Poids et Mesures, parce que les questions qui peuvent être inscrites au programme de ces deux Conférences sont dans bien des cas étroitement liées entre elles. Je crois que si nous séparons ces deux Conférences, il en résultera une certaine perte de temps. C'est pourquoi je préfère parler ici des possibilités d'élargir la compétence des Conférences générales, afin d'inscrire dans leurs programmes les questions concernant la métrologie appliquée, et je n'aurai pas d'objection si la réunion de ces Conférences se fait tous les trois ans au lieu de six. Toutefois et indépendamment de la décision qui sera prise en ce qui concerne ma proposition, j'émet le vœu que les questions suivantes, auxquelles l'Institut de Métrologie et de Standardisation porte un grand intérêt, soient inscrites au programme de la future Conférence générale des Poids et Mesures ou des Conférences de Métrologie appliquée.

- 1° Définition de la conception de la densité des corps.
- 2° Mise hors d'usage des échelles aréométriques conventionnelles, par exemple celles du type Baumé.
- 3° Unification des tables alcoométriques.
- 4° Organisation des travaux concernant l'établissement des densités des solutions aqueuses, des divers composés organiques, des divers acides, alcalis et sels.
- 5° Définition de l'unité de la quantité de chaleur.

Je me permets de présenter en même temps des Notes explicatives que je prie de vouloir bien joindre aux Comptes rendus de la Conférence, ces Notes me paraissant utiles pour résoudre les questions soulevées.

2. — Exécution d'un Mètre-étalon à traits en platine iridié par l'Institut de Métrologie et de Standardisation de l'U. R. S. S.

La question de la création d'un nouvel étalon exact à la température de 20°, ayant des subdivisions en millimètres, a été soulevée par l'I. M. S. en 1929. On avait en vue d'utiliser pour cela une règle en platine iridié d'une section en X fournie par la Maison Johnson Matthey et C^{ie}, en 1901.

En 1930, ce travail a été confié au métrologiste en chef de l'U. R. S. S., I. Kvarnberkh, qui est aussi un éminent mécanicien et constructeur.

Après avoir étudié la règle, Kvarnberkh a trouvé qu'elle avait une faible courbure (la flèche de flexion étant égale à 5^{mm}) et une faible torsion (l'angle de la torsion étant égal à 10°). Les diverses surfaces de cette règle avaient été très grossièrement travaillées sur une fraiseuse.

Pour redresser cette règle, Kvarnberkh a construit des dispositifs spéciaux, à l'aide desquels il redressait très lentement cette règle sous une tension d'environ 20^{kg}, la règle étant très lentement chauffée jusqu'à 400° C. Ce travail l'a occupé pendant plusieurs mois.

Le premier polissage a été effectué pendant toute l'année 1932. De plus, Kvarnberkh s'est servi de trois rails en acier très bien polis et de deux règles également en acier avec les surfaces latérales polies de la même façon. Une attention toute particulière a été donnée pour éviter le plus possible la courbure de la règle pendant le polissage (déformations résiduelles). Kvarnberkh changeait souvent les surfaces à polir et interrompait ce travail toutes les 15 minutes de polissage.

Après avoir corrigé tous les défauts de la règle et après avoir obtenu le parallélisme des surfaces neutres, supérieure et inférieure, Kvarnberkh a commencé à partir de la fin de 1932 le polissage définitif de cette règle. Il s'est trouvé que le polissage fut un travail des plus difficiles, parce que le platine étant très visqueux, on ne pouvait arriver à éviter sur les surfaces polies des traces qui paraissaient être des rayures longitudinales. C'est seulement l'emploi de poudres spéciales de polissage ainsi que de matières grasses appropriées, qui a permis à Kvarnberkh d'obtenir une surface spéculaire parfaitement polie qui était presque invisible et ne réfléchissait la lumière que dans une seule direction. Le travail de polissage a duré en tout 4 mois.

Après avoir achevé ce travail, Kvarnberkh avec le métrologiste en chef Afanassiëff s'est mis à diviser la règle au moyen d'une machine à diviser de la Société Genevoise d'Instruments de Physique. Ce travail a dû être effectué principalement pendant la nuit. D'abord on traça les divisions sur la surface supérieure de la règle. Puis, ces divisions furent transportées sur la surface neutre et ce fut pendant la nuit du 25 au 26 juin 1933 que le Mètre fut divisé avec les subdivisions en millimètres de 0 jusqu'à 1001^{mm}. L'épaisseur des traits variait de 4 à 5 microns. Pour définir l'axe de cette règle, on traça le long de cette division deux lignes longitudinales. Au-dessus de chaque trait centimétrique de 0 jusqu'à 100, on grava un chiffre.

Le Mètre divisé est étudié maintenant à l'aide du comparateur; mais l'étude préliminaire a démontré que la longueur de ce nouvel étalon entre 0 et 1000^{mm} est égale, à la température de 20° C., à 1 mètre, l'erreur ne dépassant pas 0,3 micron.

Tout le travail d'établissement de ce nouvel étalon du Mètre fut achevé le 5 juillet 1933.

ANNEXE IV.

DOCUMENTS REMIS PAR LA DÉLÉGATION JAPONAISE.

1. — Propositions du Gouvernement japonais,

TRANSMISES PAR UNE LETTRE DE SON AMBASSADE EN DATE DU 21 AOÛT 1933.

1. *Travaux du Comité consultatif d'Électricité, et constitution d'un Comité consultatif de Photométrie prévus dans le n° 12 du programme provisoire.* — Le Laboratoire Électrotechnique ne fait pas d'objection à la séparation du Comité consultatif en deux Comités consultatifs, d'électricité et de photométrie. Mais, étant donnée la difficulté de la présence de la délégation respective à chaque comité pour un pays éloigné comme le Japon, il exprime le désir que la date de convocation soit choisie de manière que les deux Comités se tiennent à la suite l'un de l'autre.

2. *Substitution du système d'unités absolues au système international prévue dans le n° 13 du programme provisoire.* — Dans le cas où le système d'unités absolues serait mis en application, pour répondre aux vœux des pays où la Convention internationale sur les unités internationales actuelles adoptées à la Conférence de Londres de 1908 a été établie sous forme d'une loi, le Laboratoire Électrotechnique estime nécessaire que la Conférence générale des Poids et Mesures ou le prochain Comité international des Poids et Mesures rédige un texte précis susceptible de servir de base à la modification de cette loi.

2. — Étalonnage d'un fil Jäderin de 25 mètres,
en prenant pour unité la longueur d'onde de la raie verte du krypton,

PAR MM. NOBORU WATANABE ET MONSUKÉ IMAIZUMI.

Cette opération a été réalisée par la méthode décrite dans les *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, session de 1929.

Lieu de l'observation. — L'observation a été faite dans un tunnel souterrain. La section du tunnel est un rectangle avec un arc semi-circulaire. Ses dimensions sont de 1^m,5 en largeur et 1^m,9 du plancher à l'arc. Une chambre de 6^m et 2^m de hauteur est séparée d'un bout du tunnel par une cloison de bois. Le tunnel et la chambre sont faits de ciment armé, avec une profondeur de 2^m environ de la terre à l'arc. La température dans le tunnel est tout à fait constante et très favorable à l'observation.

Mais à cause de la grande humidité, les expériences n'ont pu être faites que pendant un mois; le nombre des observations dans des conditions satisfaisantes n'a pas suffi pour donner l'exactitude désirée.

Installations. — Toutes les installations étaient les mêmes que celles qui sont expliquées dans la communication mentionnée plus haut, mais un étalon optique de $1/4$ m de longueur interposé entre des étalons de $1/16$ m et 1 m a été employé pour éviter 16 réflexions qui semblaient impossibles à cause de l'humidité excessive dans le tunnel. Cet étalon était de la même construction que l'étalon de 1^m . Les étalons plus courts étaient placés plus près de la cloison de bois, et plus affectés par la variation de température de la chambre voisine, dans laquelle une lampe à arc au carbone était placée pour comparer les étalons; un tube à krypton a été employé au lieu d'une lampe à cadmium, afin d'éviter le réchauffement de l'espace étroit du tunnel par l'appareil de chauffage électrique de la lampe à cadmium.

Observations. — Dix observations ont été faites en une semaine. Dans ce nombre, trois observations au-dessous de un mètre ont été dérangées par une variation dans les franges causée par l'inégalité de température de l'air. Les résultats sont exposés dans le tableau ci-dessous, dans lequel L^1 indique la longueur observée de l'étalon de 1^m réduite à la température moyenne des observations, L^{25} indique la différence entre la longueur de l'étalon de 25^m et 25 fois celle de l'étalon de 1^m , corrections faites pour la dilatation de l'étalon de 1^m en invar.

TABLEAU.

Observation.	Date.	L^1 3 539 040+	Température du tunnel.	L^{25} .	A (°).	Δ en μ .
VI.....	5 octobre	18,74	17,96	2666	- 7,0	- 2,1
VII.....	5 »	(¹)	18,03	2718	-59,6	-17,4
VIII.....	6 »	18,34	03	2680	-20,9	- 5,9
IX.....	6 »	18,76	07	2700	-41,0	-12,0
X.....	7 »	(¹)	17,99	2672	-12,5	- 3,6
XI.....	8 »	(¹)	18,05	2629	29,8	8,2
XII.....	9 »	23,02	03	2611	47,7	13,9
XIII.....	9 »	19,50	05	2637	22,4	6,3
XIV.....	10 »	21,60	01	2623	36,4	10,7
XV.....	10 »	20,63	07	2660	- 0,6	- 0,2
Moy.....		20,08 \pm 0,44 (²).		2659,1	\pm 7,4	\pm 2,1

Dans ce tableau, on exprime les longueurs en unités égales à la demi-longueur d'onde de la raie verte du krypton ($\lambda = 5650$), s'il n'y a pas d'indication spéciale.

Du tableau, nous tirons : Un étalon de $1^m = 3\,539\,060,08 \pm 0,44$ en unités de longueur de demi-onde. Un étalon de $25^m = 88\,479\,161,6 \pm 13,3 (\pm 3^{\mu}, 8)$ en unités de longueur de demi-onde.

En corrigeant ce dernier nombre, en y ajoutant la constante A et les lectures du micromètre, nous avons la longueur du fil Jäderin n° 204 = $25^m - 2067^{\mu}$ à 15° .

- (¹) Les observations ont été dérangées par une variation de la température atmosphérique.
 (²) Ceci peut être réduit à $\pm 0,10$ par une installation satisfaisante.
 (³) Cette variation ne semble pas purement accidentelle.

Le Service Géographique du Japon a donné les résultats suivants obtenus par la comparaison avec un appareil de base 5^m.

Longueur du fil Jäderin n° 204	= 25 ^m	— 1 ^{mm} ,98	en 1925 à 15°
»		— 1 ^{mm} ,84	en 1927 »
»		— 2 ^{mm} ,05	en 1929 »

La comparaison susdite montre qu'une longueur de 25^m peut être mesurée par une méthode interférentielle à une approximation de quelques microns. La difficulté principale consiste dans l'installation d'un lieu d'observation, où la température et l'humidité puissent être constantes, de telle sorte que les franges ne soient pas trop dérangées, et où l'humidité de l'air soit assez faible pour qu'il n'y ait pas à craindre le dépôt de rosée sur les surfaces argentées. Si l'on réalise une installation satisfaisante, l'erreur de l'observation pourra certainement être de beaucoup diminuée et une plus grande exactitude sera atteinte dans la détermination. La difficulté principale dans une telle observation est le mauvais état du sol sur lequel les instruments sont installés; la circulation et les oscillations pulsatoires auxquelles on peut souvent supposer des causes météorologiques sont des sources d'erreur, qui ne peuvent être évitées.

Nous devons remercier grandement M. le professeur H. Nagaoka; car le présent travail a été achevé grâce à son aide et à ses encouragements cordiaux. Pour étendre la même méthode à 100^m, on a fait des expériences préliminaires, comportant les améliorations suivantes :

1° Le lieu de passage du rayon lumineux est entouré de trois tuyaux concentriques en fer mince, installés à un mètre au-dessus du sol.

2° Les diamètres des tuyaux sont de 110, 210 et 330^{cm} chacun. L'espace entre le tuyau intermédiaire et le tuyau extérieur est bourré de sciure pour empêcher une variation brusque de la température atmosphérique du lieu où passe le rayon lumineux.

3° Pour équilibrer la température de ce lieu avec celle de l'atmosphère, le tuyau est ventilé par un ventilateur électrique avec une rapidité de 300^m par minute, pendant une heure ou deux avant l'observation, qui est faite à minuit.

4° Pour éliminer les effets de la variation de la température dans une détermination, toutes les observations sont faites simultanément.

Par cette méthode, nous avons obtenu une frange d'interférence claire pour une distance de 100^m par une nuit calme et sèche. Comme le climat du Japon est très humide pendant toute l'année, nous n'avons pas encore pu terminer l'observation, qui est très souvent interrompue par des brouillards.

3. — Sur le nouvel alliage " Invar inoxydable " ;

PAR M. HAKARU MASUMOTO.

En 1896 M. Ch.-Éd. Guillaume a trouvé un alliage de fer et de nickel, qui a un faible coefficient de dilatation thermique, et il l'a nommé « Invar ». Depuis lors on a trouvé beaucoup d'usages pour cet alliage dans l'industrie. Mais son coefficient de dilatation linéaire à l'état recuit possède encore une valeur notable, quoique très petit,

savoir environ $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-6}$ (fig. 1, courbe A). On a fait souvent des essais pour obtenir un alliage qui ait un coefficient de dilatation moindre que celui de l'invar; mais pendant longtemps on n'a pas eu de succès. L'auteur s'est occupé, pendant les six dernières années, de la détermination du coefficient de dilatation de divers alliages ferromagnétiques et a obtenu en mai 1927 un alliage de fer, de nickel et de cobalt qui a un coefficient de dilatation moindre que celui de l'invar. En juin 1929, il a trouvé encore un autre alliage qui contient à peu près 63,5 pour 100 de fer, 31,5 pour 100 de nickel et 5 pour 100 de cobalt et qui a un coefficient de dilatation moindre que celui de la silice

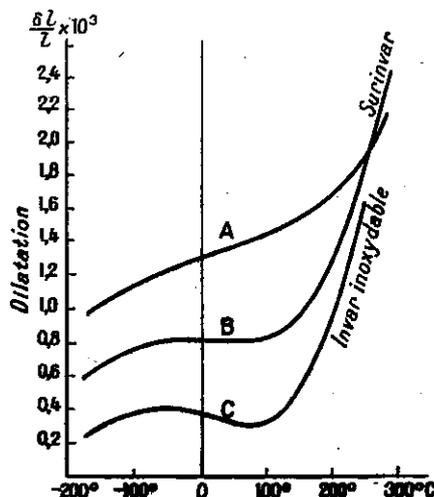


Fig. 1.

fondue. Pour cette raison, il l'a nommé « Sur-invar » (voir *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 20, 1931, p. 101). Quant à la cause de la faible dilatation de l'invar, nous avons plusieurs explications qui supposent l'existence d'un composé Fe^3Ni ou l'aide de la transformation A_3 . Cependant, au point de vue du diagramme d'équilibre du système fer-nickel comme celui déterminé par le professeur assistant T. Kassé de notre Institut, l'existence du composé ou la transformation A_3 dans l'invar ne peut pas être facilement admise, parce que, outre 30 pour 100 de contenu de nickel, les alliages consistent en une série continue de solution solide (voir *Rap. Scient. Université Imp. Tohoku*, 14, 1925, p. 173). Par conséquent, les explications susdites ne peuvent pas être acceptées. Ainsi, il y a quatre ans, l'auteur a essayé aussi d'expliquer ce phénomène et formulé une nouvelle théorie par laquelle la faible dilatation de l'invar peut être expliquée d'une façon satisfaisante par la donnée magnétique, sans supposer l'existence du composé ou la transformation A_3 dans l'invar (voir la communication citée plus haut). Par cette théorie on peut aussi expliquer le fait que le sur-invar a un coefficient de dilatation beaucoup moindre que celui de l'invar.

De plus, par cette théorie, on peut naturellement s'attendre à trouver quelques autres alliages ferromagnétiques de faible dilatation. Ainsi, en novembre 1929, l'auteur a commencé à mesurer la dilatation thermique des alliages ternaires de fer, de cobalt et de chrome et a trouvé que l'addition d'une petite quantité de chrome à des alliages de fer et de cobalt, contenant plus de 50 pour 100 environ de cobalt, contribue à réduire la dilatation.

De plus, en juillet 1931, il a obtenu des alliages possédant un coefficient de dilatation moindre que celui de la silice fondue (même un coefficient négatif). Par exemple, le coeffi-

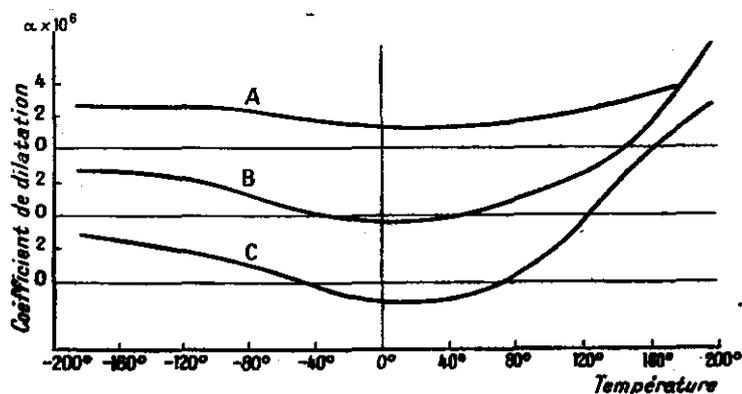


Fig. 2.

cient de dilatation linéaire, à une température ordinaire, d'un alliage contenant environ 36,5 pour 100 de fer, 54,5 pour 100 de cobalt et 9 pour 100 de chrome, est inférieur à 10^{-7} à l'état recuit (fig. 1 et 2, courbe B), et celui d'un autre alliage contenant environ 37 pour 100 de fer, 54 pour 100 de cobalt et 9 pour 100 de chrome est à peu près $-1,2 \cdot 10^{-8}$ (fig. 1 et 2, courbe C).

De plus, ces alliages sont si résistants qu'on peut les laisser longtemps dans une atmosphère humide, dans l'eau pure ou salée, etc., sans qu'aucune tache de rouille se montre sur leur surface polie. On représente l'effet de corrosion dans la figure 3. Dans cette obser-

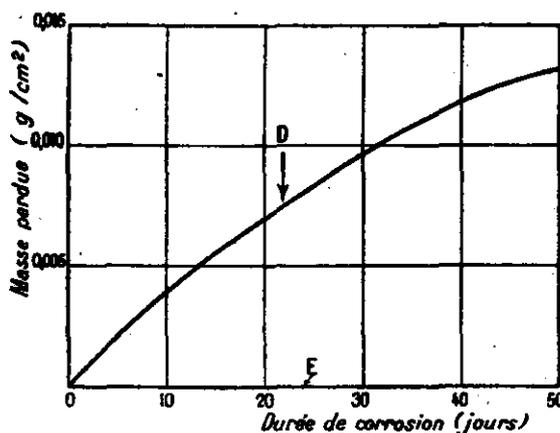


Fig. 3.

vation, un échantillon est immergé dans une solution de $1/10^6$ de molécule de chlorure de sodium et la perte de poids par corrosion est mesurée.

La courbe D montre le résultat d'un alliage à 64 pour 100 de fer et 36 pour 100 de nickel. La courbe E se rapporte à un alliage à 36,5 pour 100 de fer, 54,5 pour 100 de cobalt et 9 pour 100 de chrome. Pour cette raison, ces alliages sont appelés « invar inoxyable ». Ces alliages sont faciles à polir et ont assez de ténacité pour qu'on y grave une fine graduation.

A titre d'exemple, deux échelles divisées, faites avec l'alliage de sur-invar, sont exposées à la Conférence

$$(\alpha = +0,02 \cdot 10^{-6}; \quad \alpha = -0,02 \cdot 10^{-6}).$$

Les propriétés mécaniques du sur-invar (Fe = 62,5 pour 100, Ni = 32 pour 100, Co = 5 pour 100, Mn = 0,5 pour 100) sont portées au tableau suivant :

Limite élastique (kg/mm ²).	Résistance à la traction (σ_s).	Allongement (%).	Réduction de surface (%).	Dureté Brinell.	Dureté Shore.
38,0	54,2	41,1	68,1	143	24

4. — Détermination exacte des coefficients de dilatation de nouveaux alliages.

PAR M. NOBORU WATANABE.

Les valeurs exactes des coefficients de dilatation des nouveaux alliages décrits dans le rapport précédent ont été déterminées par la méthode des interférences.

Principe général. — La détermination est faite par la comparaison de deux étalons interférentiels, dont chacun se compose de deux plans de verre semi-argentés fixés sur une charpente métallique. Le premier étalon est en invar, le second étalon est fait avec le nouvel alliage. La différence de longueur de ces étalons est de quelques dizaines de microns. La température du premier étalon étant constante et celle du second variable, cette différence est mesurée sur un compensateur suivant la méthode du professeur Fabry (1).

Description de l'appareil. — Comme étalon d'invar, un étalon de 12^{cm},5 employé dans nos précédentes mesures (2) est utilisé de nouveau. Un étalon du nouvel alliage a été fabriqué de manière à éviter la tension du métal, dont la variation causée par un changement de température peut être une raison du changement de longueur.

Chacun des deux bouts de la barre du nouvel alliage est taillé pour donner trois pivots *abc* et *a'b'c'*. Les plans de verre semi-argentés GG' sont pressés sur ces pivots au moyen des poids WW', et des leviers coudés LL' reliés par des articulations à PP'. Les points de pression sur les plans de verre sont les centres de figures des pivots. En manœuvrant la tête du pivot, on amène les plans de verre à être exactement parallèles. Le plan de verre, fixé dans une mince charpente de laiton (*bs* dans la figure 4) est suspendu par un fil fin de bronze phosphoré Ph d'environ 20^{cm} de longueur. Dans sa

(1) BENOIT, FABRY et PEROT, *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, t. 13.

(2) WATANABE, *Étalonnage d'un fil Jäderin de 25^m*.

position librement suspendue, l'inclinaison du plan de verre est ajustée par le déplacement des poids de balancement ww' , son orientation et sa position sont ajustées en

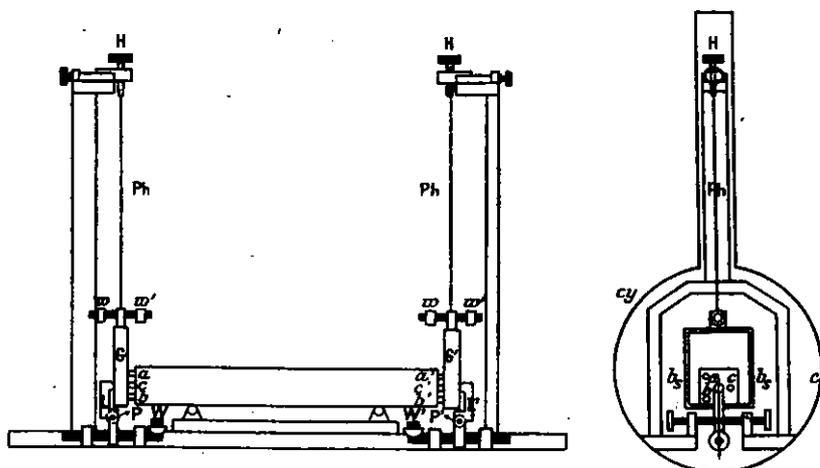


Fig. 4.

tournant et en déplaçant des têtes de suspension H. Pour fixer la plaque de verre sur les pivots avec la moindre tension possible, on emploie le procédé suivant : On enlève

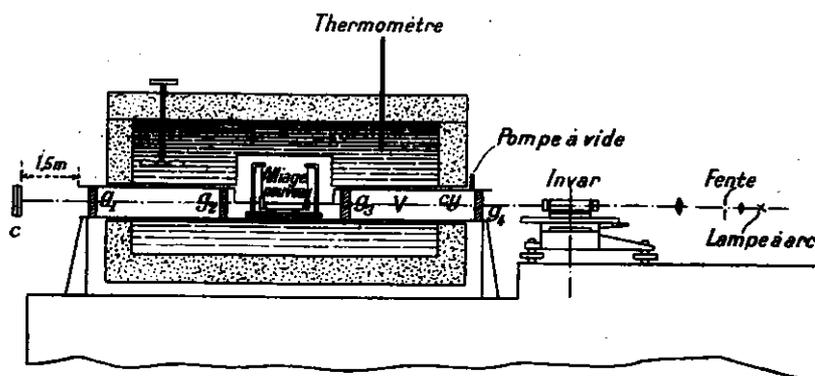


Fig. 5.

la pression sur le plan en déchargeant le poids WW' , alors la plaque est amenée très près des pivots. Dans sa position librement suspendue, l'azimut et l'altitude sont ajustés jusqu'à ce qu'on n'obtienne aucun recul d'image sur la surface de réflexion en pressant la plaque sur les pivots par le chargement du poids WW' . Quelques grammes à peine du poids WW' suffisent pour fixer la position du plan de verre, si le fil de suspension est plus long que 15^{cm} environ (vue d'ensemble, fig. 6).

Il n'y a aucun changement appréciable de la position de la plaque par la remise en place après déplacement ou manœuvre du levier et des pivots. Ces deux étalons sont placés sur une ligne droite comme ils sont représentés dans la figure 5. Une lumière blanche parallèle émise par une lampe à carbone est envoyée sur ces étalons. Une frange blanche comme celle qui est produite dans un compensateur c qui est étalonné avec la lumière du

mercure, donne la différence des longueurs des étalons. Pour faire varier la température de l'étalon fait avec le nouvel alliage, celui-ci est placé dans un cylindre *cy*, fait d'une mince plaque de fer et supporté par des pieds de bois à ses extrémités. Un peu d'une substance desséchante est placé dans le cylindre pour empêcher la rosée de se déposer sur les plaques de verre. Les extrémités du cylindre sont couvertes avec des plaques de verre *g*₁, *g*₂, *g*₃ et *g*₄. Le cylindre est enfermé dans un espace cylindrique, au milieu d'un réservoir de fer peu épais, de 120 × 60 × 70^{cm}, rempli d'eau. Cet espace

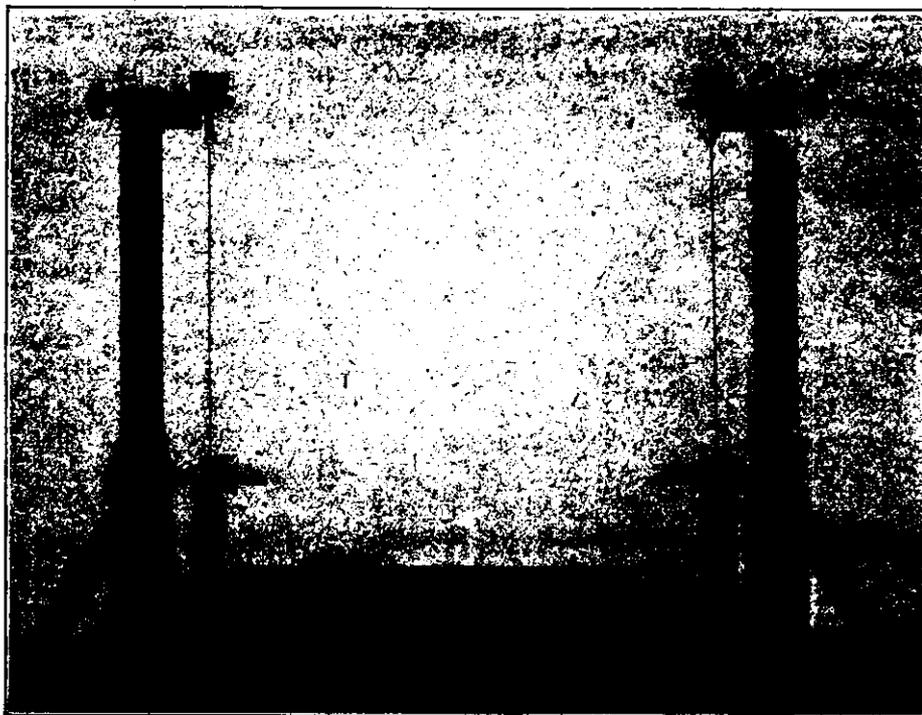


Fig. 6.

communiqué avec l'atmosphère libre par un tube desséchant mince. L'intervalle entre le cylindre et le réservoir est fermé par un frottoir mince pour empêcher les secousses du cylindre qui seraient causées par l'agitation de l'eau dans le réservoir, qui est supporté indépendamment du cylindre. S'il est nécessaire, l'espace *V* entre deux étalons est évacué pour éviter une réfraction irrégulière de l'air de cet espace causée par la différence de température entre le réservoir d'eau et la chambre. On a fait varier la température du nouvel alliage de 5° à 45° C. Cette température est mesurée par un thermomètre à mercure placé près de l'étalon.

Pour éliminer les effets du retard des indications du thermomètre, on maintient constante la température de l'eau du réservoir dans la limite de 0,05 degré par heure à peu près. Ceci donne une indication constante du thermomètre dans la limite de 0,01 degré par 20 minutes à peu près. On fait l'observation après avoir vérifié que la longueur de l'étalon est constante pendant tout ce temps. Comme la température de la chambre est constante, la correction de la longueur de l'étalon d'invar est petite. Après avoir ajouté toutes les corrections aux observations obtenues sur le compensateur, la différence des longueurs des

étalons est calculée comme fonction quadratique de la température par la méthode des moindres carrés. Les résultats sont les suivants :

Échantillon.	Différence de longueur.	Coefficients de dilatation.
A. « Invar inoxydable »...	$96,304 - 0,1508 t + 0,00083 t^2 \pm 0,011$	$(-1,2066 + 0,00664 t) \cdot 10^{-6}$
B. « Sur-invar ».....	$53,800 + 0,0675 t - 0,00013 t^2 \pm 0,019$	$(0,5403 - 0,00104 t)$
C. « Sur-invar ».....	$-40,639 - 0,0014 t + 0,00010 t^2 \pm 0,005$	$(-0,0114 + 0,00082 t)$
D. « Invar inoxydable »...	$48,019 + 0,0237 t - 0,00081 t^2 \pm 0,004$	$(0,1896 - 0,00646 t)$

On doit remarquer qu'il n'y a aucune indication d'hystérésis thermique.

Nous croyons que notre méthode de mesure peut s'appliquer avec la même exactitude à un échantillon très long, qui aurait par exemple deux ou trois mètres de longueur.

ANNEXE V.

LETTRE DE LA DÉLÉGATION ROUMAINE

adressée à M. Ch.-Éd. Guillaume,

DIRECTEUR DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES, A SÈVRES.

Bucarest, 13 septembre 1933.

En vertu de la délégation du Gouvernement de Roumanie, j'ai l'honneur de soumettre à la Huitième Conférence générale des Poids et Mesures, pour être mise à l'ordre du jour, la question des étalons — Mètre et Kilogramme — roumains, qui ont été retrouvés à l'Institut de Métrologie et de Standardisation de l'U. R. S. S.

Signataires de la « Convention du Mètre », de même que le Gouvernement de l'U. R. S. S., nous ne doutons pas que nos collègues métrologistes de Léninegrad ne comprennent les difficultés de notre Bureau national privé de ses étalons de référence de premier ordre.

Nous plaçant exclusivement sur le terrain métrologique, et évoquant l'impossibilité où se trouvent nos prototypes de participer à la vérification périodique qui va se clore, nous faisons appel à la Conférence générale pour que sa haute autorité scientifique mette en évidence la nécessité du retour de ces prototypes à Bucarest.

Signé : Professeur C. STATESCU.

Directeur général du Service des Poids et Mesures
en Roumanie.

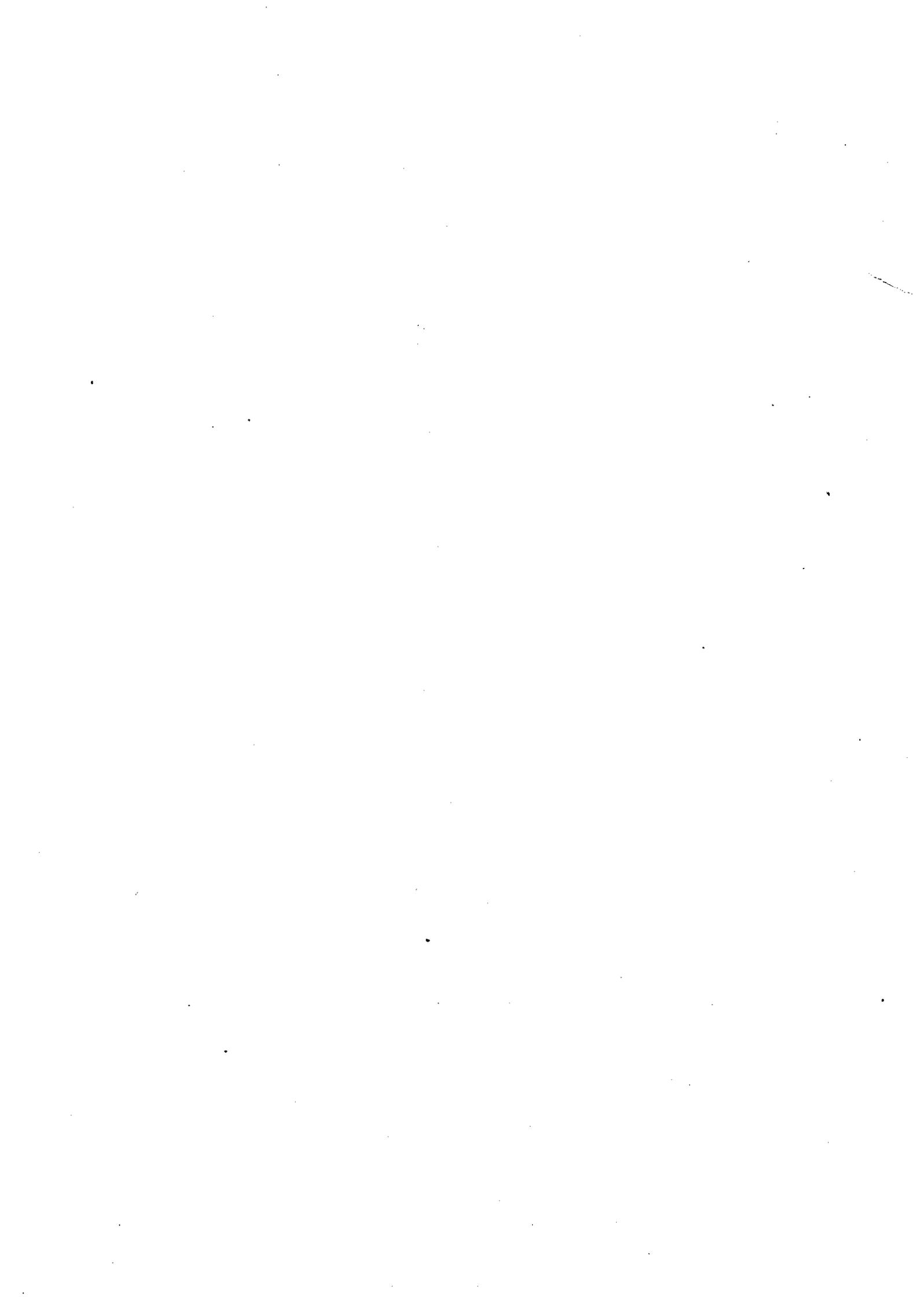


TABLE DES MATIÈRES

COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA HUITIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES, RÉUNIE À PARIS EN 1933.

	Pages.
Liste des Membres de la Conférence et des invités	3
Ordre du jour et programme des travaux de la Conférence ...	7
 VIIIÈME SÉANCE, DU 3 OCTOBRE 1933	 14-23
Liste des Délégués et des invités présents	14
Résumé du discours d'ouverture de M. Louis Serre, Ministre du Commerce et de l'Industrie, représentant le Ministre des Affaires Etrangères	14
Réponse de M. Vito Volterra, Président du Comité interna- tional des Poids et Mesures	14
Discours de M. Emile Borel, Président de la Conférence	18
 IXIÈME SÉANCE, DU 4 OCTOBRE 1933	 24-45
Liste des délégués et des invités présents	24
Félicitations adressées à M. Guillaume, Directeur du Bureau international, à l'occasion du cinquantième anniversaire de son entrée au Bureau	24
M. le Président transmet aux délégués une invitation à vi- siter une Exposition de Métrologie pratique	24
Nomination du Secrétaire de la Conférence	24
Etablissement de la liste des votants	25
Rapport du Président du Comité international sur les tra- vaux accomplis depuis la dernière Conférence	25
Résultats de la première vérification périodique des mètres prototypes	32
Déclaration relative à la dilatabilité des mètres prototy- pes provenant des alliages Johnson-Matthey et de 1874 (Résolution 1)	36
Déclarations relatives aux équations des mètres prototypes n ^{os} 1, 8, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 26 (Résolution 2), et n ^o 7, alliage de 1874 (Résolution 3).....	37
Exposé des résultats de la vérification de quelques kilo- grammes	38
Déclaration relative aux équations des kilogrammes prototy- pes n ^{os} 14, 15 (Résolution 4) et n ^o 41 (Résolution 5) ...	38
Exposé des résultats des comparaisons entre la base murale du Bureau international et celles de divers pays	39
Communication relative aux matériaux destinés à la confec- tion des masses étalons	41
Etude des longueurs d'onde lumineuses	42
Proposition relative à la définition ultérieure du Mètre au moyen d'une longueur d'onde lumineuse (Résolution 6)	44

TABLA DES MATIÈRES

TABLA DES MATIÈRES

	Pages.
DEUXIÈME SÉANCE, DU 6 OCTOBRE 1933.....	46-60
Liste des délégués et des invités présents	46
Remarque au sujet du procès-verbal de la séance précédente.	46
Échelle internationale de température. Convocation d'une Conférence internationale de Thermométrie (Résolution 7). Modifications au texte de 1927 (Résolution 8), et nouvel- les propositions	47
Exposé relatif aux valeurs des ohms étalons et des éléments étalons appartenant à divers pays	48
Résumé des travaux du Comité consultatif d'Electricité	51
Résolution concernant l'institution d'un Comité consultatif de Photométrie (Résolution 9)	52
Substitution du système d'unités électriques absolues au système international (Résolution 10)	53
Discussion concernant l'adoption d'un étalon fondamental de lumière (Résolution 11)	54
Pouvoir donné au Comité pour modifier les instructions de la Conférence de Londres (Résolution 12)	55
Visite des nouveaux locaux	56
Dotation du Bureau international	56
Bref exposé des progrès du Système Métrique	57
Communication de M. Holweck sur le pendule astatique qu'il a réalisé avec le Père Lejay, et sur les résultats obte- nus	57
Extension du Système métrique dans l'U.R.S.S.	57
Résolution relative à la propagation ultérieure du Système métrique (Résolution 13)	60
TROISIÈME SÉANCE, DU 10 OCTOBRE 1933	61-71
Liste des délégués et des invités présents	61
Félicitations adressées à M. Zeeman pour sa nomination de "Docteur honoris causa" de l'Université de Liège	61
Remarques au sujet du procès-verbal de la séance précédente (suite de la Conférence de Londres; échelle interna- tionale de température)	61
Progrès du Système métrique en Roumanie	62
Propositions présentées par la délégation de l'U.R.S.S. à la Huitième Conférence	63
Réponse aux propositions présentées par la délégation de l'U.R.S.S. (Résolution 14)	64
Etude de la création d'un Comité consultatif de Métrologie pratique (Résolution 15)	65
Informations communiquées par la Délégation de l'U.R.S.S. .	66
Discussion relative aux prototypes roumains conservés à Le- ningrad	66
Résumés des rapports présentés à la Conférence par la Délé- gation du Japon	67
Visite du Dépôt des Prototypes	68
Renouvellement par moitié du Comité international	68
Procès-Verbal de la visite du Dépôt des Prototypes	69
Possibilité, pour le Bureau international, de donner dès maintenant des certificats relatifs à l'étalonnage de bo- bines de 1 ohm et d'éléments Weston	69
Modifications au règlement intérieur du Bureau	70

	Pages.
Création d'une Commission administrative permanente	70
Nomination de M. Pérard comme Sous-Directeur du Bureau à titre définitif	70
Clôture de la Conférence	70
TEXTES	73-97
I. Texte corrigé concernant l'adoption, à titre provisoire, d'une échelle internationale de température	73
II. Documents remis par la Délégation allemande:	
1. Rattachement du Mètre aux longueurs d'onde lumineu- ses; par MM. Kösters et Lampe	79
2. Détermination de l'indice de l'air; par MM. Kösters et Lampe	80
III. Documents remis par la Délégation de l'U.R.S.S. :	
1. Propositions développées par M. Zalutzky à la qua- trième séance	81
2. Exécution d'un Mètre-étalon à traits en platine ir- ridié par l'Institut de Métrologie et de Standar- disation de l'U.R.S.S.	87
IV. Documents remis par la Délégation japonaise :	
1. Propositions du Gouvernement Japonais	88
2. Etalonnage d'un fil Jäderin de 25 mètres, en pre- nant pour unité la longueur d'onde de la raie ver- te du krypton; par MM. Noboru Watanabe et Konsu- ke Inaizumi	88
3. Sur le nouvel alliage "Invar inoxydable"; par M. Ha- karu Masumoto	90
4. Détermination exacte des coefficients de dilatation de nouveaux alliages; par M. Noboru Watanabe	93
V. Lettre de la Délégation roumaine	97

✓
