

COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
SEPTIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES
RÉUNIE A PARIS EN 1927

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

RÉUNIE A PARIS EN 1927



PARIS
GAUTHIER-VILLARS ET C^e, ÉDITEURS
DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
Quai des Grands-Augustins, 55

—
1927

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

RÉUNIE A PARIS EN 1927

SOUS LA PRÉSIDENTENCE

DE

M. G. BIGOURDAN

Ancien Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Délégués des États signataires de la Convention du Mètre.

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

<i>Allemagne</i>	*M. W. KÖSTERS, Directeur de la 1 ^{re} Section de la Reichsanstalt, à Berlin. M. le Comte SAURMA, Secrétaire de l'Ambassade d'Allemagne en France.
<i>Argentine (République)</i>	M. JUAN C. ROLLINO, Délégué du Ministère de l'Agriculture en France.
<i>Autriche</i>	M. RICHARD FURTH, Ministre plénipotentiaire en retraite.
<i>Belgique</i>	S. E. le Comte de GAIFFIER D'HESTROY, Ambassadeur de Belgique en France.
<i>Brésil</i>	N.
<i>Bulgarie</i>	N.

- Canada*..... M. J.-E. SEARS junior, Conservateur des Poids et Mesures, à Londres.
- Chili*..... N.
- Danemark*..... M. E.-S. JOHANSEN, Professeur à l'Institut polytechnique de Copenhague.
- Espagne*..... M. ELOLA, Directeur général de l'Institut géographique et statistique d'Espagne.
*M. LEONARDO TORRES Y QUEVEDO, Membre de l'Académie des Sciences de Madrid.
- États-Unis d'Amérique*... M. SHELDON WHITEHOUSE, Chargé d'affaires des États-Unis en France.
*M. SAMUEL W. STRATTON, Président du Massachusetts Institute of Technology, Boston.
M. GEORGE K. BURGESS, Directeur du Bureau of Standards, Washington.
- Finlande*..... M. AARNE WUORIMAA, Secrétaire de la Légation de Finlande en France.
- France*..... *M. P. APPELL, Membre de l'Institut de France, Recteur honoraire de l'Université de Paris.
M. PAUL JANET, Membre de l'Institut de France, Directeur du Laboratoire central d'Électricité.
M. ÉMILE PICARD, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Paris.
M. A. MESNAGER, Membre de l'Académie des Sciences, Président de la Commission française de Métrologie usuelle.
- Grande-Bretagne*..... M. J.-E. SEARS junior, Conservateur des Poids et Mesures, à Londres.
*M. le Major P.-A. MACMAHON, Membre de la Société royale de Londres.
- Hongrie*..... *M. L. DE BODOLA, Membre de l'Académie des Sciences de Hongrie.
M. de GHYCZY, Sous-Secrétaire d'État suppléant, Directeur de l'Institut Central Royal Hongrois des Poids et Mesures.

DES POIDS ET MESURES.

3

<i>Italie</i>	M. le Sénateur ANTONIO GARBASSO, Professeur de physique à l'Université de Florence. *M. le Sénateur VITO VOLTERRA, ancien Président de l'Académie des Lincei.
<i>Irlande</i>	M. VAUGHAN B. DEMPSEY, Représentant général de l'État libre d'Irlande en France.
<i>Japon</i>	*M. AIKITSU TANAKADATE, Professeur honoraire à l'Université de Tokyo. M. CHIBATA MIYAKOSHI, Secrétaire à l'Ambassade du Japon en France. M. NOBORU WATANABE, Ingénieur au Ministère du Commerce et de l'Industrie du Japon. M. KAN'ICHI OHASHI, Ingénieur au Ministère des Communications du Japon.
<i>Mexique</i>	M. CARLOS SERRANO, Attaché commercial à la Légation du Mexique en France.
<i>Norvège</i>	*M. D. ISAACHSEN, Directeur général des Poids et Mesures de Norvège.
<i>Pérou</i>	N.
<i>Pologne</i>	M. ZDZISLAW RAUSZER, Directeur du Bureau central des Mesures de Pologne.
<i>Portugal</i>	S. E. M. da GAMA OCHŌA, Ministre de Portugal en France.
<i>Roumanie</i>	M. CONSTANTIN STATESCU, Directeur général des Poids et Mesures de Roumanie.
<i>Serbie</i>	*M. CELESTIN KARGATCHIN, Inspecteur du Ministère du Commerce du Royaume des Serbes, Croates et Slovènes.
<i>Siam</i>	S. E. le prince VIPULNA, Ministre de Siam, à Copenhague.
<i>Suède</i>	M. K.-A. WALLROTH, Directeur de la Monnaie de Suède.
<i>Suisse</i>	M. A. DUNANT, Ministre de Suisse en France. *M. R. GAUTIER, Directeur de l'Observatoire de Genève.

SEPTIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

- Tchécoslovaquie* M. JOSEPH SVOBODA, Ingénieur, Conseiller ministériel et Directeur du Bureau des Poids et Mesures de Tchécoslovaquie.
M. LADISLAV SZATHMARY, Secrétaire de la Légation Tchécoslovaque.
- U. R. S. S.* *M. D. KONOVALOV, Président de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S.
M. M. CHATELAIN, Professeur à l'Institut polytechnique, à Leningrad.
M. A.-N. DOBROCHOTOV, Directeur de l'Institut de Vérification de la Chambre Centrale des Poids et Mesures de Leningrad.
M. BOCHKOVITCH, Directeur de l'Institut de Vérification des Poids et Mesures de Moscou.
- Uruguay* N.

Assiste à la Conférence :

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

Assistent comme invités :

- M. J. BLONDIN, Directeur de la « Revue générale d'Électricité ».
- M. F. CELLERIER, Directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.
- M^{me} A. FÖHRINGER, Physicien en chef de l'Observatoire géophysique central de Leningrad.
- M. L. MAUDET, Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.
- M. P. NIKIFOROV, Physicien en chef du Cabinet de Physique de l'Académie des Sciences de Leningrad.
- M. A. PÉRARD, Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.
- M. A. ROUX, Directeur de la « Revue de Métrologie pratique ».
- M. A. TROWBRIDGE, Directeur (pour l'Europe) de l'*International Education Board*.
- M. C. VOLET, Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

ORDRE DU JOUR :

**Séance d'inauguration au Ministère des Affaires étrangères, à Paris,
le mardi 27 septembre 1927, 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 Paris, 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 28 septembre, à 15^h.

Troisième séance, le vendredi 30 septembre, à 15^h.

Quatrième séance, le mardi 4 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. Appareils nouveaux : comparateur à dilatation; base murale; reprise des comparaisons entre les bases murales de divers pays (exécution d'une décision de la Quatrième Conférence); interféromètre pour l'étude des calibres-étalons; appareil pour la microphotographie. Résultats.

7. Étude des longueurs d'onde étalons.
8. Étude des étalons en quartz.
9. Échelle absolue des températures.
10. Discussion concernant l'attribution au Bureau international de l'étude des étalons électriques.
11. Discussion concernant la dotation du Bureau international.
12. Législations.
13. Exposé des progrès du Système métrique.
14. Propositions de MM. les Délégués ou du Comité international.
15. Renouvellement par moitié du Comité international.

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. »

EXPOSÉ SOMMAIRE DE QUELQUES ÉLÉMENTS DU PROGRAMME.

(5). *Résultats obtenus dans l'étude des prototypes.* -- La Sixième Conférence générale des Poids et Mesures avait pris connaissance des résultats déjà obtenus dans la comparaison des mètres prototypes nationaux avec les étalons du Bureau; un rapport lui avait aussi été présenté, concernant les données déjà accumulées sur les dilata-tions de ces prototypes; 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 répétées ont pu être faites, desquelles il résulte, d'une façon certaine, que les différences conclues des déterminations d'autrefois entre les dilatabilités des prototypes, étaient dues à de très petites erreurs d'observation; le perfectionnement des méthodes employées dans ces mesures, et surtout le grand nombre d'observations qui ont pu leur être consacrées, ont mis hors de doute le fait que, pour les étalons pris dans l'alliage du Conservatoire, comme pour ceux qui avaient été fournis par Johnson-Matthey, les écarts des dilatabilités sont nettement inférieurs aux quantités que les meilleures expériences permettent de garantir. Il y a donc lieu d'admettre, pour tous les étalons provenant de la même source, une même formule de dilatation.

Dans les déterminations de la dilatabilité absolue, faites au moyen du comparateur et de l'appareil Fizeau, les résultats sont beaucoup plus concordants qu'autrefois. Le comparateur donne, en effet, pour l'alliage Johnson-Matthey, la formule

$$(8,611 + 1,77\theta) \cdot 10^{-9},$$

tandis que l'appareil Fizeau conduit à

$$(8,633 + 1,77\theta) \cdot 10^{-9},$$

ce qui donne comme moyenne

$$(8,622 + 1,77\theta) \cdot 10^{-9}.$$

On avait admis, en 1889, pour le Mètre international, la dilatabilité exprimée par

$$(8,651 + 1,00\theta) 10^{-9}.$$

Entre les nombres trouvés sur les règles de la coulée Johnson-Matthey et ceux que l'on a mesurés sur les règles de l'alliage du Conservatoire, existe la différence

$$\alpha_C - \alpha_J = -0,020 \cdot 10^{-9}.$$

(6). *Comparateur à dilatation.* — Le comparateur à dilatation, qui avait fourni un travail intense et continu pendant quarante-cinq années, était arrivé à un état d'usure qui rendait sa manœuvre difficile. Le Comité international avait décidé, déjà en 1913, de le remplacer par un appareil contenant plusieurs dispositifs nouveaux, notamment un mécanisme assurant les déplacements du chariot à l'aide d'un moteur électrique, un pont d'acier portant les microscopes, qui peuvent dès lors être placés à une distance quelconque, etc. Ce comparateur n'a pu être monté qu'en 1926; il a été aussitôt mis en service, et a fourni, après quelques modifications, des résultats très précis.

(6). *Base murale.* — On avait installé à titre provisoire, en 1901, une base murale qui avait permis d'établir, depuis cette époque, les équations de tous les fils géodésiques étudiés au Bureau; mais elle nécessitait des opérations compliquées et pénibles pour sa détermination absolue. On a profité de l'expérience accumulée pendant un quart de siècle pour construire une base sur des données entièrement nouvelles; sa détermination est rapide et sûre.

(6). *Comparaison des bases murales au moyen de fils.* — Une décision de la Quatrième Conférence générale tendait à instituer des comparaisons suivies entre les bases murales édifiées dans divers pays. En vue de ces opérations, un groupe de quatre fils étudiés au Bureau devait être envoyé dans tous les pays possédant des bases déterminées en valeur absolue.

Des comparaisons ont déjà été faites entre les bases de Teddington et du Bureau international. On pourrait maintenant reprendre utilement l'exécution du plan primitif.

(6). *Étude des calibres.* — L'étude de plus en plus fréquente des calibres, demandée au Bureau, rendait très désirable la construction d'un instrument spécialement adapté à ces mesures; le Comité ayant décidé sa construction, il a pu être mis en service dans le courant de cette année.

Le nouvel appareil a été muni d'un plan de référence sensiblement plus grand que celui du modèle primitif, afin de l'adapter à la vérification des surfaces planes de grande étendue. Ce perfectionnement confère la possibilité de mesurer simultanément plusieurs calibres, en même temps qu'il facilite la détermination des étalons à surface convexe, en particulier des broches à bouts sphériques de très petites longueurs, dont les mesures, faites par les méthodes de contact, conduisent à des divergences assez sensibles.

(6). *Appareil microphotographique.* — La comparaison des étalons nationaux a fait ressortir, plus encore qu'autrefois, l'intérêt qu'il y aurait à posséder des images d'ensemble des surfaces polies et tracées des étalons prototypes nationaux, afin que, dans le cas où leur équation éprouverait une modification, il soit possible de décider si elle tient à une variation de l'aspect des traits ou à un changement de la barre elle-même. C'est pourquoi le Bureau a acquis un appareil pouvant servir à la photographie des mouches des règles avec un grossissement susceptible d'atteindre 500 diamètres.

(7). *Étude des radiations.* — Les méthodes de mesures par les interférences, d'une si haute précision absolue, se généralisent de plus en plus, et leur pratique courante s'étend progressivement à de plus grandes dimensions, de l'ordre de 1 à 10 centimètres. Mais si l'on ne veut pas s'astreindre à exécuter, sur les longueurs à étudier, une détermination préalable à moins de 1 ou 2 microns près, il est indispensable d'utiliser un assez grand nombre de radiations judicieusement choisies d'après leur répartition dans le spectre, leur intensité, leur finesse et leur simplicité, pour permettre de retrouver d'emblée l'entier de l'ordre d'interférence, dont on n'observe jamais que l'excédent fractionnaire. Le procédé de recherche des entiers suppose l'exactitude des longueurs d'onde employées et la fixité de leurs rapports entre elles; par contre, il autorise une imprécision de l'ordre de 1 millimètre dans l'évaluation préalable de la longueur. En réalité, la très grande majorité des raies spectrales ne sont pas simples, et il en résulte une variation systématique des longueurs d'onde suivant la différence de marche.

Un certain nombre de raies du cadmium, du mercure, de l'hélium, du néon, du krypton et du xénon ont été étudiées à ce point de vue, au Bureau international, par des comparaisons de longueurs d'onde, exécutées au moyen de l'interféromètre Michelson, à toutes différences de marche entre 0^{mm} et 202^{mm} . On a obtenu les valeurs moyennes les plus probables des radiations étudiées, et l'on a établi des courbes donnant les

corrections parfois considérables qu'il faut ajouter aux excédents fractionnaires observés pour les rapporter à une longueur d'onde fixe. Cette étude fournit, en outre, des indications utiles sur la structure fine des raies.

(8). *Étalons en quartz.* — Dès la création des prototypes en platine iridié, le souci de pouvoir contrôler la stabilité de l'unité métrique qu'ils représentaient avait conduit à rechercher des témoins dans les grandeurs physiques ou dans les substances cristallisées. Le rapport de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium au Mètre a été établi en 1893 et en 1906. La mesure de plusieurs quartz-étalons s'échelonnant de 1 à 10 centimètres a été terminée l'année dernière.

Ces étalons sont des prismes à section carrée de 25^{mm} de côté, dont les arêtes sont dirigées parallèlement à l'axe cristallographique, et qui sont terminées par des bases planes et parallèles.

Deux méthodes de mesure par les interférences lumineuses, et dont aucune n'exigeait une argenture, capable d'altérer à la longue les surfaces, ont été mises en œuvre au moyen de l'interféromètre Michelson, l'une faisant intervenir l'indice de réfraction du quartz, l'autre tout à fait indépendante de cet indice. Ainsi sont connus et fixés, pour l'avenir, le nombre de longueurs d'onde contenues dans chaque quartz et le nombre de celles comprises dans la même longueur dans l'air traversé par les radiations.

Les mesures ont été exécutées dans l'intervalle des températures ambiantes comprises entre 5° et 25°. A la température moyenne de 15°, les erreurs probables des résultats compensés sont de l'ordre du millième de micron; les écarts des résultats obtenus séparément par chacune des méthodes, rapportés à la valeur moyenne, sont compris entre 0^u, 002 et 0^u, 007.

Les expériences par la première méthode ont fait ressortir également des valeurs très précises des indices pour ces divers quartz (rayon ordinaire); elles ont donné pour chacun d'eux le coefficient de température de ces indices et permis l'établissement d'une formule de dispersion.

(9). *Échelle absolue des températures.* — En 1887, le Comité international avait résolu d'adopter, pour le Service des Poids et Mesures, l'échelle thermométrique fondée sur la variation de la force élastique de l'hydrogène, sanctionnée plus tard par la Première Conférence générale. Cette échelle avait été généralement acceptée, sous le nom d'échelle normale, pour les travaux scientifiques de tous ordres, en considération du fait que, de tous les gaz alors connus, l'hydrogène était le plus voisin de l'état parfait.

Mais l'extension de l'échelle normale aux basses températures se heurte à la liquéfaction de l'hydrogène, tandis qu'aux températures élevées, ce gaz diffuse à travers toutes les enveloppes. L'hélium, dont on a récemment déterminé les propriétés thermodynamiques, ne présente pas les mêmes défauts; et, comme il est le gaz le plus voisin de l'état parfait, on a songé à fonder une nouvelle échelle sur ses propriétés thermodynamiques.

La Cinquième Conférence générale, réunie en 1913, a déclaré :

« Affirmer la grande utilité de tous les travaux expérimentaux ou théoriques, tendant à perfectionner notre connaissance des échelles thermométriques pratiques, et notamment de l'échelle des thermomètres à hydrogène et à hélium, en vue de leur réduction à l'échelle absolue;

» Approuver les matérialisations que les études expérimentales auront montrées indubitables-

ment supérieures à celle qui constitue l'échelle normale, à la fois pour son étendue et pour son approximation à l'échelle absolue

» Être prête à substituer, pour le Service international des Poids et Mesures, l'échelle absolue à l'échelle normale, aussitôt que le tableau de réduction d'une échelle à l'autre aura pris, grâce aux travaux mentionnés ci-dessus, un caractère de suffisante stabilité;

» Approuver la fixation d'un certain nombre de repères thermométriques convenablement choisis, et dont la position sera déterminée aussi bien que possible. »

Comme suite à ces déclarations, le Comité a chargé le Bureau de préparer une réunion des représentants les plus autorisés de la science thermométrique dans les principaux pays, et de centraliser la documentation susceptible de conduire à des décisions internationales concernant l'échelle des températures et les repères thermométriques pouvant être proposés.

Pour l'Allemagne, la Reichsanstalt,

» les États-Unis, le Bureau of Standards,

» la Grande-Bretagne, le National Physical Laboratory,

» les Pays-Bas, le Laboratoire cryogène de Leiden,

» l'U. R. S. S., la Chambre centrale des Poids et Mesures,

enfin l'Institut international d'étalons chimiques, de Bruxelles, ont participé à cette préparation. Mais on a jugé qu'il était avant tout nécessaire d'arriver à des conclusions fermes concernant les rapports entre l'échelle thermodynamique et celle que donne la variation de pression de l'hélium. Un Mémoire issu du Laboratoire cryogène de Leiden est actuellement en discussion et sera soumis en tout premier lieu à la Conférence thermométrique internationale prévue pour un avenir prochain.

(10). *Comparaison des étalons électriques.* — A diverses reprises, et notamment après la Conférence des unités électriques, réunie à Londres en 1908, on a envisagé la fondation d'un Institut international chargé de comparer les étalons représentant les principales unités dont s'occupent la science et la technique électriques. Faute d'une semblable organisation, on a eu recours jusqu'ici à des comparaisons faites entre les étalons appartenant aux Laboratoires intéressés, sans que des étalons internationaux aient été choisis, auxquels tous les autres devraient être rapportés.

Il semble que le moment soit venu de créer un Institut chargé de ce travail.

Deux solutions peuvent être envisagées : la fondation d'un Établissement autonome et l'accroissement des compétences du Bureau international des Poids et Mesures.

La deuxième solution serait de beaucoup la plus simple, la plus rapide et la moins coûteuse. Son acceptation a été prévue dans une modification apportée à la Convention du Mètre, par la Sixième Conférence générale, au cours de sa séance du 6 octobre 1921.

L'article 7 de la Convention modifiée a, en effet, la teneur suivante :

» Après que le Comité aura procédé au travail de coordination des mesures relatives aux unités électriques, et lorsque la Conférence générale en aura décidé par un vote unanime, le Bureau sera chargé de l'établissement et de la conservation des étalons des unités électriques et de leurs témoins, ainsi que de la comparaison, avec ces étalons, des étalons nationaux ou d'autres étalons de précision.»

Une circulation des étalons de résistance et de force électromotrice a été récemment instituée entre les principaux laboratoires, afin d'obtenir des documents au sujet desquels la Conférence sera appelée à délibérer.

(11). *Dotation du Bureau international.* — La Sixième Conférence générale, prenant en considération la dépréciation du franc français, avait adapté la dotation du Bureau aux nouvelles circonstances. A la fin de 1921, les changes semblant devoir se stabiliser, la Conférence avait voulu assurer l'existence du Bureau dans les mêmes conditions qu'en 1914; elle avait, en conséquence, fixé la dotation à 250 000 francs français, en prévoyant que le Comité pourrait, par un vote unanime, la porter à 300 000 francs français. Mais, dès l'année 1925, la dépréciation du franc avait réduit les ressources du Bureau à un niveau tel que son existence devenait très critique.

Dans sa dernière session, le Comité décida à l'unanimité que la dotation annuelle serait fixée à 300 000 francs français, somme qui était encore insuffisante pour assurer tous les services du Bureau. En même temps, afin de stabiliser cette dotation, le Comité a résolu de soumettre à la Septième Conférence générale une motion tendant à fixer en francs-or les ressources, ainsi que le budget du Bureau.

La dotation telle qu'elle avait été arrêtée par un vote de la Sixième Conférence étant basée sur la valeur de la devise française, par rapport au franc-or à l'époque de sa réunion, savoir à très peu près 0,50, le Comité estimait que l'on demeurerait dans les intentions de la Conférence en proposant d'interpréter comme suit la première phrase du deuxième alinéa de l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre : « La partie fixe est, en principe, de 125 000 francs-or, mais peut être portée à 150 000 francs-or par décision unanime du Comité. »

Depuis l'époque où le Comité s'est réuni, la devise française a subi des variations étendues, qui ont eu pour conséquence une élévation considérable du coût de la vie. En considération du déséquilibre entre les ressources du Bureau et ses dépenses obligatoires, le Gouvernement français a pris, en novembre 1926, la bienveillante initiative de hâter la décision prévue comme devant être votée par la Septième Conférence générale; en conséquence, il a proposé à tous les États contractants de fixer, dès l'année 1927, la dotation à 150 000 francs-or.

Cette somme suffira aux besoins du Bureau, et, à supposer que les prix en France restent à peu près ce qu'ils sont aujourd'hui, lui permettra même d'envisager la création d'une section des unités électriques.

PREMIÈRE SÉANCE

TENUE AU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

LE MARDI 27 SEPTEMBRE 1927, A 14 HEURES ET DEMIE.

Sont présents :

- A. *Le Président de la Conférence* : M. GUILLAUME BIGOURDAN.
- B. *Les délégués* : MM. DE BODOLA, BOCHKOVITCH, BURGESS, CHATELAIN, DEMPSEY, DOBROKHOTOV, DUNANT, FURTH, DA GAMA OCHOA, GARBASSO, GAUTIER, DE GHYCZY, ISAACHSEN, JANET, JOHANSEN, KARGATCHIN, KONOVALOV, KÖSTERS, MACMAHON, MESNAGER, MIYAKOSHI, OHASHI, PICARD, RAUSZER, ROLLINO, le Comte SAURMA, SEARS, SERRANO, STATESCU, STRATTON, SVOBODA, SZATHMARY, TANAKADATE, TORRÉS Y QUEVEDO, le Prince VIPULYA, VOLTERRA, WALLROTH, WATANABE, WUORIMAA.
- C. *Le Directeur du Bureau international* : M. GUILLAUME.
- D. *Les invités* : MM. CELLERIER, MAUDET, PÉRARD, ROUX, VOLET.

M. DE BEAUMARCHAIS, Ministre plénipotentiaire, Directeur des Affaires politiques et commerciales, représentant le Ministre des Affaires Étrangères, retenu à Genève, ouvre la séance en prononçant le discours suivant :

MESSIEURS,

M. BRIAND, Ministre des Affaires Étrangères, retenu à Genève par les hauts devoirs de sa charge, m'a confié la mission de vous souhaiter en son nom la bienvenue au début des travaux que vous allez entreprendre.

J'ai le grand honneur de m'acquitter de cette mission et de vous adresser les vœux les plus empressés du Gouvernement de la République, à l'occasion de la réunion, à Paris, de la Septième Conférence générale des Poids et Mesures.

M. HERRIOT, Ministre de l'Instruction publique, et M. BOKANOWSKI, Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, m'ont demandé de

vous exprimer leurs très vifs regrets de n'être pas en mesure, ainsi qu'ils l'auraient désiré, de prendre part à cette réunion.

C'est pour la septième fois que votre Conférence se réunit, afin de prendre des décisions qui auront désormais une valeur et une autorité en tous pays; vous aurez aussi à prendre connaissance des résultats auxquels est parvenu le Bureau international pendant cette période, et à examiner le programme de ses futurs travaux, programme restreint en apparence, mais qui s'élargit et se développe de façon merveilleuse, grâce à l'initiative des savants qui en ont la charge.

En ouvrant la Première Conférence générale des Poids et Mesures, tenue en 1889, et qui avait pour principale mission la sanction des prototypes du Système métrique, M. Spuller faisait allusion à la réunion, depuis longtemps attendue, dans laquelle la Commission du Mètre était appelée, en quelque sorte, à mettre la dernière main à la grande entreprise scientifique qu'elle avait été chargée d'accomplir.

On pensait donc, à cette époque, que la mission du Comité et du Bureau serait désormais limitée à la poursuite des problèmes immédiats, touchant à la thermométrie, à la géodésie, au contrôle espacé des étalons qui venaient d'être distribués.

Combien cette opinion devait être démentie par les faits : un ouvrage qui paraît aujourd'hui même, et qui donne une image magnifique de l'œuvre accomplie par le Comité et le Bureau pendant le premier demi-siècle de leur existence, le montre d'une façon magistrale. Il semblerait que le Bureau n'attendait que d'être délivré de la rude tâche constituée par la nécessité d'étudier les prototypes, pour aborder des problèmes métrologiques nouveaux et élargir son programme.

La thermométrie de précision était constituée, au moins pour la mesure des températures ordinaires. Aussitôt, nous voyons Pierre Chappuis aborder la mesure de ce qu'on appelait, à l'époque, des basses températures, par l'étude du thermomètre à toluène. Sans doute la limite de -80° , qu'il s'était fixée, en raison de l'impossibilité de descendre davantage, est aujourd'hui largement dépassée. Mais c'était une étape nécessaire vers le progrès.

L'échelle normale des températures allait être sanctionnée, et, au moins pour un temps, l'ordre allait régner en thermométrie. Mais aussitôt, des mesures innombrables étaient faites par Chappuis en vue de franchir une nouvelle étape, liée à la connaissance des propriétés des gaz. Ce travail l'occupait pendant près de dix ans.

D'un autre côté, une étude approfondie des étalons à bouts devait conduire M. Benoit, dont M. Guillaume était le collaborateur, à rejeter une méthode

devenue classique pour la mesure de ces étalons, et à reprendre un procédé depuis longtemps abandonné. Cette substitution venait à son heure, car la Section Technique de l'Artillerie de l'Armée française étudiait le moyen d'organiser les fabrications en série, et devait pour cela construire en grande quantité des étalons à bouts. En collaboration avec le Bureau international, une méthode fut mise au point, qui s'est beaucoup répandue depuis lors, et n'est aujourd'hui limitée que par l'avènement des étalons réalisés par C. E. Johansson.

Bientôt cependant, un problème nouveau se présentait à l'attention du Bureau : la mesure des longueurs d'onde lumineuses. L'illustre savant américain, M. Albert Michelson, avait imaginé des méthodes entièrement nouvelles, qu'il proposait de mettre en œuvre au Bureau, et qui devaient ouvrir une large voie aux mesures de précision et à toute la connaissance du spectre.

M. Benoit coopéra à ces travaux qui conduisirent, dès 1893, à une valeur des longueurs d'onde au moins cinquante fois plus précise que les nombres admis. Ce fut une baie ouverte sur une splendide avenue dont on n'aperçoit pas encore l'aboutissement. Une détermination employant des procédés nouveaux fut accomplie en 1906 par MM. Benoit, Fabry et Perot, et montra que les mesures de M. Michelson étaient plus exactes même que celui-ci ne l'avait pensé.

Puis un problème inscrit depuis l'origine au programme du Bureau put être abordé. Il s'agissait de déterminer le volume du kilogramme d'eau. Les illustres fondateurs du Système métrique avaient consacré à cette détermination des expériences restées classiques, et ce fut une connaissance approfondie des méthodes, un soin particulier apporté aux expériences, aussi la chance, qui, dit-on, ne favorise que ceux qui la méritent, qui amenèrent Lefèvre-Gineau et Fabbroni à un nombre qui, depuis lors, a défini le Kilogramme en fonction du Mètre.

Cependant, diverses mesures faites au cours du XIX^e siècle avaient fait douter des déterminations originales. M. Guillaume adoptait, pour la mesure des cylindres servant à ces déterminations, la méthode des contacts, tandis que P. Chappuis d'une part, Macé de Lépinay et M. Buisson d'autre part, employaient la méthode interférentielle, qui faisait usage en partie des procédés employés, et en tout cas des valeurs trouvées par M. Michelson. C'est ainsi que ces trois groupes de mesures amenèrent à divers résultats d'une concordance inespérée, et montrèrent que les premiers résultats de Lefèvre-Gineau et Fabbroni étaient beaucoup plus près de la vérité que tous ceux auxquels on était arrivé pendant le XIX^e siècle.

Puis, frappé un jour par le fait qu'un alliage se dilatait d'une façon anormale, M. Guillaume poursuivit l'étude de l'anomalie ainsi mise au jour, et arrivait à la découverte de l'invar, dont les propriétés sont extrêmement fécondes. Grâce à son emploi, les méthodes de la géodésie ont été modifiées au point que

les mesures de-base, sans rien perdre de la précision atteinte par les meilleures méthodes d'autrefois, sont exécutées aujourd'hui avec une dépense cinquante fois plus faible.

Ce n'est pas encore tout. Les longueurs d'onde lumineuses servent maintenant à déterminer la valeur d'étalons à bouts; dans les divers bureaux nationaux, elles sont aujourd'hui couramment employées dans ce but. Le Bureau international n'est pas resté en arrière, et les méthodes qui y sont employées, notamment par M. Pérard, peuvent servir de modèles.

Enfin, d'autres représentations de l'unité de longueur sont déjà étudiées, et les Gouvernements pourront obtenir prochainement des décimètres en quartz, dont la valeur serait connue à une fraction de cent-millième de millimètre. Des propositions seront faites, dans les journées qui vont suivre, sur ces questions délicates.

Dans les récentes années, le Bureau international a accompli des prodiges. Cependant, il est maigrement doté. Quand on pense que toute cette œuvre, — à laquelle il nous faut ajouter la détermination continue d'étalons pour la plupart des pays, les études de détail que nécessite tout travail d'ensemble, — a été accomplie en utilisant une subvention de 50000 francs à la parité de l'or, portée l'année dernière à 60000 francs, on reste confondu en voyant une somme si modique conduire à de pareils résultats. Mais on a compris que la dotation fixée par la dernière Conférence était insuffisante; le Comité se proposait de demander à la Conférence qui se réunit aujourd'hui d'envisager une amélioration considérable; mais le Gouvernement français a pris les devants, en la proposant, par la voie diplomatique, aux autres Gouvernements; la plupart ont répondu favorablement, de sorte que la présente Conférence n'aura qu'à ratifier les décisions prises. Le Bureau pourra désormais travailler sans être constamment dans la crainte d'épuiser ses ressources.

Dans quelques jours, vous célébrerez le Cinquantenaire de la Convention du Mètre. Alors, tous les travaux accomplis se présenteront à vos imaginations dans un ordre magnifique, montrant que l'œuvre du Comité et du Bureau a suivi de près les besoins de la science et de l'industrie, et souvent, par une prescience rare, les a devancés. La confiance qui avait été placée, dès les premières réunions de la Conférence, dans la vision d'avenir qu'avait eue la Commission du Mètre, ne s'est jamais démentie, et aujourd'hui encore, le Bureau international est aux prises avec des problèmes dont la science et l'industrie de demain utiliseront la solution.

C'est à vous, Messieurs, que reviendra l'honneur de faire de cet espoir une réalité tangible. Dans cette intime conviction, je déclare ouverte la Septième Conférence générale des Poids et Mesures.

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

MONSIEUR LE MINISTRE,
MESSIEURS,

C'est un grand honneur pour moi de répondre au discours que M. le représentant du Ministre des Affaires Étrangères vient de prononcer dans cette occasion solennelle.

Je le remercie d'abord d'avoir bien voulu présider la première réunion de notre Conférence, et d'avoir adressé, au nom du Gouvernement français, des paroles si aimables et si bienveillantes au Bureau international des Poids et Mesures et au Comité qui en dirige les travaux. Ce Comité est heureux aujourd'hui d'être chargé, en vertu du règlement général, de préparer et d'organiser la Conférence.

Mais c'est une raison plus profonde encore qui me fait exprimer au Gouvernement français nos sentiments de reconnaissance envers le grand pays qui nous accorde une si noble hospitalité.

Nous ne pouvons oublier, en effet, que c'est la France qui, dans une des plus grandioses périodes de son histoire, a osé lancer dans le monde l'idée d'unifier les mesures fondamentales et de leur donner une base invariable. Les noms des plus illustres savants français de cette époque et des périodes subséquentes sont liés au développement et à la réalisation de cette idée si féconde.

Il serait intéressant d'en suivre le progrès, et de voir comment elle s'est répandue parmi les différentes nations, et a conduit aux conséquences les plus importantes.

Mais ce n'est pas maintenant le moment de rappeler les étapes qui se sont suivies dans l'établissement des unités fondamentales de longueur et de masse. On y a consacré des ouvrages spéciaux; le plus important d'entre eux est l'œuvre de l'éminent astronome qui, au nom de l'Académie des Sciences, dirigera nos séances; il intéresse également l'historien et le savant.

Le chemin parcouru a été long et pénible. Le 4 Messidor de l'An VII, c'est-à-dire le 22 juin 1799, les étalons du Mètre et du Kilogramme furent présentés au Corps législatif et déposés aux Archives; mais combien de temps n'a-t-il pas fallu, même en France, pour faire pénétrer les nouvelles mesures dans la vie ordinaire et les rendre d'un usage courant!

Les décrets et les lois de la première moitié du siècle dernier facilitèrent l'établissement du Système métrique. Les expositions universelles, qui mirent en présence une immense variété de produits de toutes les parties du monde, montrèrent la nécessité de les évaluer en les rapportant aux mêmes étalons.

Enfin et surtout, les besoins toujours croissants de l'industrie et du commerce international contribuèrent à répandre l'usage des nouvelles unités.

Ce n'est que dans le courant de l'année 1875 qu'eut lieu à Paris la réunion internationale à laquelle on a donné le nom de *Conférence diplomatique du Mètre*. Elle réunissait les représentants de 20 États répondant à l'invitation du Gouvernement français, et était chargée de délibérer sur les mesures qu'il convenait de prendre en commun, afin de donner à l'unification du Système métrique le caractère d'un acte international.

La Convention du Mètre signée le 20 mai 1875 fut le résultat de cette conférence. Elle créait un Bureau international des Poids et Mesures scientifique et permanent, ayant son siège à Paris et fonctionnant sous la surveillance d'un Comité international soumis lui-même à l'autorité d'une Conférence générale.

La date que je viens de rappeler est mémorable. Pour la première fois on fondait une institution scientifique internationale, et, après de si longs efforts, on organisait sur un plan systématique les études et les comparaisons des mesures fondamentales de la longueur et de la masse.

Aujourd'hui que la Convention du Mètre compte 31 États adhérents avec une population de 717 millions d'habitants dont 560 millions, c'est-à-dire 78 pour 100 sous le régime obligatoire, on peut regarder avec satisfaction le chemin parcouru.

Mais que de lenteur dans la marche des idées, même des plus simples et des plus rationnelles, et combien de difficultés se sont opposées à leur progrès !

Souvenons-nous que, depuis la Renaissance et l'introduction de la méthode expérimentale, on savait que les lois naturelles ne sont dévoilées et ne peuvent être vérifiées que par des mesures; la mesure est donc la base de toutes les sciences. Cependant il a fallu des siècles de préparation, l'état d'esprit qui s'est développé en France vers la fin du xviii^e siècle, les progrès scientifiques considérables du xix^e, enfin l'immense accroissement des rapports et des échanges entre peuples qui sont la caractéristique de la civilisation moderne, pour que l'on atteignit les résultats que je viens de rappeler, et pour que l'on arrivât à fonder un Institut consacré aux mesures fondamentales. Cet Institut qui compte un demi-siècle d'existence, conscient d'avoir rendu d'éminents services aux sciences, à l'industrie et au commerce, plein de confiance dans l'avenir, célèbre aujourd'hui son premier cinquantenaire.

Ce qui fit la force de la nouvelle institution, ce fut l'union de son caractère pratique avec un esprit scientifique élevé, dû à la largeur de vues des hommes éminents qui ont consacré leurs efforts à son développement, et qui n'ont jamais oublié les nobles traditions léguées par les fondateurs mêmes du Système métrique.

Les conséquences auxquelles on a été conduit ont été d'une importance

inattendue, et ont soulevé un sentiment de surprise mêlée de sincère admiration.

En effet, on supposait qu'après avoir distribué les prototypes, le travail du Bureau se trouverait considérablement réduit. La réalité a démenti ces prévisions, car le programme des recherches que le Bureau a entreprises, au lieu de se restreindre, n'a fait que s'augmenter et se développer de jour en jour. En même temps cet établissement a reçu un nouvel éclat, grâce à une série de découvertes remarquables.

Il suffit de parcourir les Comptes rendus des six conférences qui ont précédé la Conférence actuelle et d'examiner les mémoires publiés par le Bureau, ou simplement de lire l'ouvrage qui vient de paraître à l'occasion du Cinquantenaire, pour suivre les progrès du Bureau dans les différentes étapes qu'il a parcourues et se rendre compte de l'œuvre qu'il a accomplie.

Je n'entrerai pas dans les détails de cette œuvre, mais il me faut citer quelques travaux parmi les plus importants, et signaler quelques sujets traités dans les Conférences précédentes, et qui se rattachent également à l'avenir de notre institution.

Les longues recherches de Pierre Chappuis ont apporté de nouvelles lumières dans la thermométrie, et ouvert un domaine encore inexploré à cette branche de la physique par des études de précision, notamment sur les basses températures.

L'examen approfondi des alliages de fer et de nickel fait par M. Guillaume dans les laboratoires du Bureau l'ont amené à sa grande découverte de l'Invar. Elle a été communiquée en 1901 pendant la Troisième Conférence. Ses innombrables applications, parmi lesquelles il faut signaler celles qui ont transformé les méthodes de la géodésie, ont excité le plus grand intérêt et un véritable enthousiasme dans tout le monde scientifique. Le prix Nobel décerné à M. Guillaume en 1920 a montré au grand public l'importance que les physiciens attribuent à sa découverte.

La Deuxième Conférence a pris connaissance d'une série de travaux métrologiques fondamentaux. Ce sont les travaux de MM. Michelson et Benoit sur la comparaison entre l'unité métrique et la longueur de certaines ondes lumineuses. Ces recherches ont été suivies par celles de MM. Benoit, Fabry et Perot, qui ont été rendues publiques en 1907 au cours de la Quatrième Conférence. Elles ont confirmé les résultats trouvés par les premiers expérimentateurs et montré quel degré prodigieux d'exactitude ils avaient atteint.

Ces études, ainsi que toutes celles qui se rattachent aux idées et aux méthodes célèbres de Fizeau, ont donné une orientation et une impulsion nouvelles aux travaux métrologiques. Elles ont établi une entente et une liaison étroite entre deux branches de la physique, la métrologie et la spectroscopie : l'une, la

branche la plus délicate et la plus rigoureuse de la science; l'autre, la plus merveilleuse, car elle nous révèle la constitution des atomes par une harmonie optique qui rappelle l'harmonie des mondes de Pythagore.

A côté de ce mouvement qui touche aux fondements de la métrologie classique et à la définition même de l'unité principale de longueur, un autre mouvement d'une nature toute différente a pris naissance. Il se rapporte à un élargissement des fonctions du Bureau. Les développements récents de la mécanique et de la physique, notamment de l'électrotechnique, ont rendu nécessaires des études de jour en jour plus approfondies sur les unités de mesure de quantités nouvellement prises en considération, et ont montré aussi la nécessité de nouveaux accords de caractère universel.

Le Bureau international des Poids et Mesures n'est pas resté étranger à ce mouvement. Les recherches expérimentales qu'on y a exécutées ont montré quel rôle est appelé à remplir dans cette branche d'activité, qui touche également aux sciences et à leurs applications.

L'estime qu'il s'est acquise est un sûr garant des résultats qu'il pourra atteindre dans toute nouvelle fonction qui lui sera confiée. Cela explique pourquoi l'on a porté devant la dernière Conférence la proposition tendant à charger le Bureau de l'établissement et de la conservation des étalons prototypes à l'égard d'autres unités que celles de la longueur et de la masse, et de leur comparaison avec d'autres étalons de précision.

Cette proposition a donné lieu à de longues et profondes discussions au sein de la Sixième Conférence. Elles ont abouti au vote unanime suivant, vote qui ouvre de nouvelles voies à l'activité du Bureau :

« Après que le Comité aura procédé au travail de coordination des mesures relatives aux unités électriques, et lorsque la Conférence générale en aura décidé par un vote unanime, le Bureau sera chargé de l'établissement et de la conservation des étalons des unités électriques et de leurs témoins, ainsi que de la comparaison de ces étalons avec des étalons nationaux et d'autres étalons de précision. »

La dernière Conférence s'est close sur ce vote. Selon l'avis de son illustre Président, M. Émile Picard, elle a marqué une date importante dans l'histoire de la grande Institution internationale des Poids et Mesures.

Le Bureau n'a pas manqué de se conformer au vote de la Conférence en se mettant à cet effet en rapport avec les laboratoires nationaux de Paris, Londres, Berlin, Washington et Tokio pour la comparaison des étalons nationaux de ces laboratoires.

Voilà pour l'histoire et pour le passé. Aujourd'hui nous avons la joie d'enregistrer l'adhésion de trois nouveaux États à la Convention du Mètre : ce sont la Tchécoslovaquie, la Pologne et l'État libre d'Irlande. A leurs délégués, ainsi

qu'à ceux des États anciennement représentés, nous souhaitons la plus cordiale bienvenue.

Nous saluons aussi MM. Isaachsen, Kargatchin et Konovalov, élus au Comité depuis la dernière Conférence; ils apportent à nos délibérations de nouvelles lumières et le poids de leur autorité. Malheureusement nous avons à déplorer des pertes bien cruelles : Klas-Bernhard Hasselberg, qui, sentant ses forces décliner, avait considéré comme son devoir de laisser vacante, au sein du Comité, la place éminente qu'il avait occupée pendant plus de vingt ans; Stefan-C. Hepites, élu membre du Comité international en septembre 1894 et successeur de Blaserna, dans les fonctions de Secrétaire, qu'il remplit pendant deux années jusqu'à sa mort, survenue en 1922; Ernest Pasquier, l'éminent savant belge, dont les œuvres mathématiques et astronomiques sont bien connues, et Ivar Fredholm, l'illustre mathématicien suédois, dont les célèbres découvertes d'analyse resteront classiques; J.-René Benoit, qui a consacré sa longue existence à la création et à l'avancement de la métrologie, et dont l'exemple nous incite à persévérer dans la voie lumineuse qu'il nous a tracée.

A tous ces disparus, nous donnons un pieux souvenir.

Tournons maintenant nos regards vers le présent. Nous avons devant les yeux le programme très chargé de la Conférence actuelle, et les nombreuses propositions, arrivées de différents pays, dont l'examen et la discussion doivent nous amener à des décisions définitives. Tout l'avenir de notre Institution dépendra de ces délibérations. Or, puisque nous admirons le Bureau international des Poids et Mesures pour les contributions importantes que la science lui doit, et que nous lui sommes reconnaissants pour les avantages pratiques qu'il a apportés à toutes les nations civilisées, nous devons souhaiter que la présente Conférence marque un nouveau progrès dans son évolution. Elle s'ouvre sous des auspices favorables : la situation financière qui nous avait donné de graves préoccupations dans les dernières années s'est améliorée, grâce à une subvention due à des amis dévoués du Bureau, parmi lesquels nous devons nommer notre éminent collègue, M. Stratton, et grâce surtout à l'intervention directe du Gouvernement français auprès des autres gouvernements pour que les contributions du Bureau soient versées en or dès l'année courante. La France elle-même a donné l'exemple en payant sa cotisation en or depuis l'année 1926; cet exemple a déjà été suivi cette année-ci par un grand nombre d'États. Il appartient à la Conférence de consolider cette mesure par un vote. En attendant, nous vous prions, Monsieur le Ministre, de bien vouloir porter au Gouvernement de la République française l'expression de notre profonde gratitude pour cette initiative généreuse, qui ne peut manquer de donner à l'activité du Bureau un rayonnement plus grand et un nouvel essor.

M. Guillaume BIGOURDAN, ancien Président de l'Académie des Sciences, Président de la Conférence, prononce le discours suivant :

MONSIEUR LE MINISTRE,
MESSIEURS,

Votre illustre Association a pour charte fondamentale la Convention du Mètre, qui vous a confié la garde des étalons de poids et de mesures.

Elle a bien voulu se souvenir aussi des travaux de notre ancienne Académie Royale des Sciences, qui s'était illustrée pendant plus de deux siècles en préparant le berceau du Système métrique; et comme cette Académie a été emportée par une formidable tempête, elle a reporté sur sa fille l'hommage qu'elle ne pouvait plus rendre à la mère.

C'est ainsi qu'elle a offert la présidence perpétuelle de ses Assemblées générales à l'Académie des Sciences de l'Institut de France; l'Académie a accepté avec empressement ce grand honneur.

A cause de l'empêchement de son Président et de son Vice-Président, elle m'a délégué pour la représenter ici. La charge qu'elle a ainsi posée sur mes épaules me paraît d'autant plus lourde qu'elle était, hier encore, tout à fait imprévue. Aussi, en vous présentant la bienvenue de l'Académie, je sollicite votre indulgence; laissez-moi espérer que je l'obtiendrai tout entière.

Dans votre précédente Assemblée, celle de 1921, vous avez été reçus par M. É. Picard, un de nos deux éminents Secrétaires perpétuels, et aujourd'hui Membre de l'Académie française. Il a développé devant vous de larges considérations philosophiques et scientifiques où, depuis longtemps, il s'est révélé un grand maître. Cela me dépasse trop pour que je ne l'avoue pas immédiatement, et comme je serais impuissant à l'imiter, je voudrais seulement esquisser devant vous et à grands traits l'évolution des idées qui ont conduit la science des poids et des mesures à l'état de perfection où nous la voyons.

Mais auparavant, je désire envoyer un pieux souvenir à la mémoire des Collègues que vous avez perdus; je m'associe aux regrets qui viennent d'être éloquemment exprimés par mon éminent confrère, M. le Sénateur Volterra.

De tout temps, l'homme a senti, comme d'instinct, la nécessité, d'ailleurs évidente, d'avoir des mesures et des poids invariables, auxquels ni les temps, ni les lieux ne causeraient d'altération: c'est que leur diversité est, pour le commerce, pour toutes sortes d'échanges, une des plus grandes entraves. Aussi tous les peuples ont conservé avec un soin religieux les étalons de leurs mesures: chez les Hébreux, ils étaient déposés dans le Temple; chez les Romains, on les gardait au Capitole, dans le temple de Jupiter.

Malgré tant de soins, tantôt ils se perdirent par le fait des guerres, des révo-

lutions, des calamités naturelles, et tantôt ils s'altèrent par l'effet même de leur usage.

Aussi des savants, des penseurs, qui furent vos prédécesseurs, cherchèrent à réaliser des étalons naturels, des étalons immuables, et proposèrent des moyens de les rétablir avec facilité; c'est ce qui eut lieu au xvii^e siècle. En 1670, notamment, Gabriel Mouton, vicaire de l'église Saint-Paul, à Lyon, propose un ensemble de mesures linéaires, dites par lui *géométriques*; il les assujettit à la division décimale, et les base sur la grandeur de la Terre, telle qu'on l'acceptait alors. Même, allant plus loin, il indique un moyen facile, croit-il, pour les constituer partout, en les rattachant à la longueur du pendule à seconde; car à l'époque on la croyait la même en tout lieu. Peu après, T. L. Burattini créa le nom de *Mètre catholique*, c'est-à-dire *universel*.

Ainsi qu'il arrive généralement aux précurseurs, Mouton ne fut pas immédiatement suivi; pendant longtemps, on préféra comme étalon principal ce qu'il prenait lui-même comme mesure secondaire, la longueur du pendule à seconde.

La découverte, faite par Richer en 1672, de l'accourcissement de cette longueur quand on se rapproche de l'équateur, montra que ce moyen n'a point pratiquement toute la facilité que l'on avait cru d'abord; mais, par contre, elle révélait le fait absolument capital de l'aplatissement de la Terre.

Cependant la longueur du pendule à seconde fut encore proposée par Talleyrand, quand il soumit à l'Assemblée nationale, en 1790, le projet d'unification qui allait aboutir au Système métrique. Précurseur, lui aussi, d'une sorte d'Entente cordiale, il proposait que des Commissaires, pris en nombre égal dans la Société Royale de Londres et dans l'Académie des Sciences de Paris, fussent chargés de fixer sur ce principe un nouveau et universel système de mesures.

Les circonstances ne permirent pas cette collaboration des deux savantes Compagnies; nous le regrettons encore, car l'Angleterre n'aurait pas attendu aussi longtemps pour adopter l'étalon proposé; puisse cette idée lui faire accepter bientôt l'usage obligatoire de l'étalon métrique.

L'Académie des Sciences étudia donc seule le projet qui lui était soumis, et le transforma pour revenir à celui de Mouton. Depuis ce modeste vicaire, l'abbé Picard avait déterminé la grandeur de la Terre; puis ses successeurs avaient encore amélioré ses résultats, de sorte que l'on connaissait les dimensions de notre planète avec une précision plus que suffisante pour servir de base à l'étalon proposé.

Mais on voulut entourer la création du nouveau Système de beaucoup de solennité, en vue de favoriser sa propagation. Aussi fut-il décidé de calculer le prototype des longueurs d'après une nouvelle mesure de la méridienne de France, entre Dunkerque et Barcelone, exécutée avec les moyens les plus

modernes; c'est sur la valeur correspondante du quart du méridien que devait être calculé le nouveau *mètre*, choisi égal à la *dix-millionième partie du quart de ce méridien*.

C'est la définition que j'ai apprise à l'école primaire, il y a quelque soixante-dix ans, et l'on ajoutait, — un peu triomphalement — qu'on pourrait reconstruire un tel étalon, même si quelque immense cataclysme bouleversait notre planète et détruisait jusqu'au prototype même de nos Archives. On disait aussi : pourvu que dans quelque coin des décombres on retrouve un simple nombre gravé sur une pierre, tout notre système de poids et mesures pourrait être reconstruit.

Mais ici, la Science donne à l'homme une leçon de modestie qu'il n'est pas inutile de méditer : les mesures géodésiques, en effet, étendues et multipliées, avaient déjà montré que la Terre n'est ni assez régulière, ni assez permanente dans sa forme comme dans sa grandeur, pour donner un véritable étalon naturel bien invariable; elles montraient aussi que l'étalon des Archives, si laborieusement établi, n'est pas exactement la dix-millionième partie du quart du méridien, au degré d'approximation que l'on peut atteindre.

Par suite, on a dû se borner, — très modestement —, à prendre une longueur physique, une règle, — théoriquement quelconque —, et à décider, par simple convention, qu'elle est « prototype international », opération dont la simplicité pourrait faire sourire si l'on songe aux laborieux efforts antérieurs. Mais ces efforts n'ont pas été inutiles; outre qu'ils ont produit des découvertes appartenant au domaine de la Géodésie, ils ont donné au *mètre* français un prestige sans lequel les amours-propres nationaux auraient opposé de grands obstacles, non seulement à l'adoption de ce mètre français, mais à l'adoption même d'un étalon quelconque. Tout au plus aurait-on appliqué les principes du Système métrique, ses divisions décimales, son organisation logique; mais la diversité n'aurait pas disparu.

En opposition avec cette simplicité théorique, on ne peut que mentionner les immenses difficultés pratiques; pour en avoir une idée, il faut parcourir les dix-sept grands volumes publiés par votre laboratoire, le célèbre Bureau international des Poids et Mesures, aujourd'hui cinquantenaire; et je tiens à répéter les noms de ses éminents directeurs successifs : le D^r O.-J. Broch, le D^r J.-R. Benoit, mort depuis votre dernière Assemblée, et enfin M. Ch.-Éd. Guillaume, l'inventeur admiré de l'*invar* et de l'*élinvar*, l'auteur d'innombrables travaux dans toutes les parties de la Métrologie. A ces noms, j'aime à joindre ceux de MM. A. Pérard, L. Maudet, Ch. Volet, L. Reverchon et A. Bonhoure, les savants collaborateurs de M. Guillaume.

C'est en 1889 que vous avez choisi, — on pourrait dire que vous avez élu — ce *Prototype international*, sorte de souverain dans le royaume du *plus grand*

Système métrique; et on ne lit pas sans quelque émotion le procès-verbal de son dépôt dans le caveau inférieur de Breteuil, car cette sorte d'intronisation ressemble étrangement à une mise au tombeau; c'est que, pour remplir au mieux son rôle d'étalon de longueur, il doit rester immobile, dans un lieu profondément enfoncé dans le sol, pour que n'y puissent parvenir ni les perturbations mécaniques extérieures, ni les variations de température. Longtemps on ne l'a visité que tous les six ans, lors de vos Assemblées générales.

Votre *élection* de ce Mètre a fait descendre notre Mètre des Archives au rang de simple pièce historique; et c'est là un vrai sacrifice pour notre amour-propre national. Mais la France l'a fait avec joie parce que le Mètre international, qui aide les diverses nations à se mieux connaître, contribue à écarter de nouveaux conflits, à maintenir la paix, à laquelle la France est si passionnément attachée.

Il est extrêmement important de contrôler la permanence, la fidélité de ce nouveau prototype. On l'a fait en le comparant à des mètres *témoins*, dont trois reposent avec lui, dans le même caveau; les autres sont les étalons *nationaux*, dispersés dans les divers pays, et qui doivent revenir périodiquement comme pour apporter leur témoignage; ces voyages, qui se font par petits groupes, ont commencé en 1914 et se poursuivent encore.

Il existe d'autres moyens de vérifier la permanence de l'étalon international, en dehors des mètres témoins et du pendule à seconde; car on s'est avisé que certains mouvements vibratoires, certaines radiations, comme celles du son, de la lumière, etc., pourraient y servir aussi. En effet, ces radiations se propagent dans certains milieux élastiques avec une régularité presque mathématique, et leur longueur d'onde ne dépend que de l'élasticité du milieu. On conçoit donc que cette longueur d'onde puisse constituer un *témoin* bien supérieur, bien plus permanent que la longueur d'une barre métallique, modifiée par les changements moléculaires; et vous avez comparé l'étalon aux longueurs d'onde correspondant à certaines raies spectrales du cadmium, considérées comme particulièrement favorables, en raison de leur simplicité. Mais le nombre des raies spectrales est presque infini, et il y a lieu de rechercher les plus favorables: c'est un travail dont l'achèvement n'est pas réservé sans doute à vos successeurs immédiats.

Bien d'autres recherches vous sollicitent, mais je dois m'arrêter. En terminant, je voudrais signaler un oubli de l'Histoire:

Lorsque, après dix ans d'efforts, l'étalon métrique définitif fut établi et reconnu, il fut déposé aux Archives du Corps Législatif, conformément à la loi. Mais, suivant les meilleures traditions scientifiques, on voulut conserver aussi les appareils qui avaient servi à établir cet unique étalon. Aussi, un arrêté consulaire du 1 vendémiaire an XII les mit sous la garde du Bureau des Longitudes. Ce Bureau se trouvait ainsi constituer comme le gardien autorisé du

nouveau Système, et il ne faillit jamais à ce rôle. C'est lui qui comparait périodiquement les règles de Borda, qui, avec l'autorisation du Ministre de l'Intérieur, permettait le déplacement de trois de ces règles pour la mesure de nouvelles bases géodésiques, qui veillait à ce que la règle principale ne sortit jamais, afin d'être un témoin toujours authentique. C'est lui aussi qui a comparé les nombreuses copies du Mètre, du Kilogramme, des Toises, demandées par les étrangers qui voulaient introduire chez eux le Système métrique.

Ces comparaisons, pour lesquelles on n'avait pas encore aménagé des locaux spéciaux, se faisaient parfois chez les constructeurs eux-mêmes. Les préceptes à suivre pour leur exécution étaient laissés à l'inspiration réfléchie des Membres du Bureau, car les lois de la Métrologie n'étaient pas encore formulées; même, elles se constituaient ainsi peu à peu.

Vous le voyez, dans ce domaine qui est maintenant le vôtre, le Bureau des Longitudes me paraît pouvoir être considéré comme un aïeul du Pavillon de Breteuil.

Je vous l'ai dit, mon rôle ici a été improvisé; s'il n'en eût pas été ainsi, j'aurais demandé que l'on mit sous vos yeux tous ces anciens appareils. Après les déplacements nécessités par la guerre, j'émets le vœu qu'ils soient réunis, classés et placés dans un écrin digne d'eux, où ils pourraient facilement être montrés à ceux qui, comme vous, consacrent leur vie à la métrologie.

DEUXIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETEUIL

LE MERCREDI 28 SEPTEMBRE 1927.

Présidence de **M. G. BIGOURDAN**,
Ancien Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Sont présents :

- A. *Les délégués* : MM. DE BODOLA, BOCHKOVITCH, BURGESS, DOBROKHOTOV, DUNANT, GARBASSO, GAUTIER, DE GHYCZY, JANET, JOHANSEN, KARGATCHIN, KONOVALOV, KÖSTERS, MESNAGER, MIYAKOSHI; OHASHI, RAUSZER, ROLLINO, SEARS, SERRANO, SOURMA, STATESCU, STRATTON, SVOBODA, TANAKADATE, TORRES Y QUEVEDO, PRINCE VIPULYA, VOLTERRA, WALLROTH, WATANABE, WUORIMAA.
- B. *Le Directeur du Bureau international* : M. GUILLAUME.
- C. *Les invités*, MM. CELLERIER, MAUDET, PÉRARD, ROUX, VOLET.

La séance est ouverte à 15^h.

M. le PRÉSIDENT propose l'interversion des deux premiers points du programme, et donne la parole à M. Volterra, Président du Comité international.

M. VOLTERRA a le regret de communiquer à la Conférence que M. Isaachsen, secrétaire du Comité, est malheureusement retenu chez lui, à Paris, par la maladie, et ne pourra de quelques jours assister aux séances. Dans ces circonstances il s'est adressé à M. Raoul Gautier, qui a présidé le Comité lors de la Sixième Conférence générale, et M. Gautier a déclaré se mettre à la disposition du Comité. M. Volterra propose d'élire M. Raoul Gautier secrétaire de la Conférence.

M. Gautier est alors nommé par acclamation Secrétaire de la Septième Conférence générale.

M. GAUTIER remercie la Conférence du témoignage qui lui est donné, et qu'il

cherchera à mériter en s'inspirant de l'exemple des anciens secrétaires, les regrettés Hirsch, Blaserna et Hépitès et de celui de notre ancien secrétaire du Comité, M. de Bodola.

M. GAUTIER déclare qu'il résulte de l'examen des documents officiels accréditant MM. les Délégués des divers Gouvernements, que leurs pouvoirs sont tout à fait réguliers.

M. VOLTERRA donne lecture d'une lettre de M. Paul Appell, le priant d'exprimer à ses collègues ses vifs regrets d'être empêché, par l'état de sa santé, d'assister à leurs réunions.

Interprétant les sentiments de tous ses collègues du Comité, M. Volterra lui portera leurs meilleurs vœux.

M. le PRÉSIDENT y joint ceux de tous les Membres de la Conférence.

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

Il prie ensuite les Délégués des États qui ont plusieurs représentants de faire connaître celui d'entre eux qu'ils ont choisi pour exprimer le vote de leur pays. L'appel des pays étant fait, il en résulte les désignations suivantes :

Allemagne.....	M. KÖSTERS
Argentine (République).....	M. ROLLINO
Autriche.....	M. FURTH
Belgique.....	M. DE GAIFFIER D'HESTROY
Canada.....	M. SEARS
Danemark.....	M. JOHANSEN
Espagne.....	M. ELOLA
États-Unis.....	M. BURGESS
Finlande.....	M. WUORIMAA
France.....	M. JANET
Grande-Bretagne.....	M. SEARS
Hongrie.....	M. DE GHYCZY
Italie.....	M. GARBASSO
Japon.....	M. MIYAKOSHI
Pologne.....	M. RAUSZER
Portugal.....	M. DE GAMA OCHÔA
Serbie.....	M. KARGATCHIN
Siam.....	Prince VIPULYA
Suisse.....	M. DUNANT
Tchécoslovaquie.....	M. SVOBODA
U. R. S. S.....	M. KONOVALOV

Vingt et un pays sont donc représentés à la Conférence. Il reste entendu que, si un Délégué chargé du vote ne peut assister à une séance, son vote est transmis à un de ses collègues du même État.

M. le PRÉSIDENT fait part à MM. les Délégués que :

M. Gabelle, Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers, serait heureux de recevoir, le 3 octobre à 10^h, les Membres de la Conférence pour leur faire voir les collections du Conservatoire, et notamment les instruments de mesurage et de pesage que cet établissement possède, et dont plusieurs sont fort anciens.

La Chambre Syndicale des Instruments de Pesage et de Mesurage invite les Membres de la Conférence à visiter son Exposition actuelle dans les locaux de l'Institut d'Optique; la séance d'ouverture aura lieu le 1^{er} octobre à 14^h.

Enfin il invite lui-même MM. les Délégués à visiter de préférence le matin le Bureau International de l'Heure, dont il est le Directeur.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Volterra, Président du Comité international, pour la lecture de son rapport sur les travaux accomplis depuis la dernière Conférence.

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

Pendant les six années écoulées, le bureau a eu à souffrir de la variabilité des changes. Mais bien que cette question soit de la plus grande importance, je ne m'y arrêterai pas, désirant consacrer ce Rapport à son œuvre proprement dite. Je parlerai successivement des publications, des appareils nouveaux et des travaux accomplis au Pavillon de Breteuil.

Comme d'habitude, les *Comptes rendus* de la dernière Conférence ont été publiés avec une extraordinaire rapidité, de manière à pouvoir être distribués aux Gouvernements avant la fin de l'année 1921. Il en a été de même des *Procès-Verbaux* relatifs aux trois sessions de 1921, 1923 et 1925.

Le Tome XVII des *Travaux et Mémoires* a également vu le jour; il était impatientement attendu, car il devait contenir des Mémoires d'un très grand intérêt. Le retard dans sa publication tient en partie aux difficultés de sa rédaction, en partie aux embarras financiers. Il comprend les trois Mémoires suivants :

Recherches métrologiques sur les aciers au nickel, par Ch.-Éd. GUILLAUME.

Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome, par P. CHEVENARD.

Études sur les étalons à bouts ; deuxième Mémoire : Étalons à bouts plans, par A. PÉRARD et L. MAUDET.

La publication par laquelle débute ce volume est d'une importance exceptionnelle. Elle a été commencée en 1918 ; si elle n'a été achevée qu'au début de cette année, c'est que l'auteur a été beaucoup retardé par une grave maladie due au surmenage, et aussi par le fait qu'il a découvert la cause de l'instabilité des aciers au nickel seulement au cours de la mise au point définitive, ce qui l'a entraîné à faire des expériences nombreuses et délicates pour l'élucider complètement cette question.

Le second Mémoire, bien qu'il ne semble pas, à première vue, rentrer dans le cadre des questions dont s'occupe le Bureau, constitue une incursion du plus haut intérêt dans les propriétés des alliages, et complète très heureusement le Mémoire de M. Guillaume. On verra, en parcourant les pages dues à M. Chevenard, l'explication de nombreux diagrammes extrêmement instructifs, à deux et à trois dimensions, qui se rapportent aux dilatations et à la thermo-élasticité de ces singuliers alliages.

Enfin, dans le troisième Mémoire, MM. Pérard et Maudet exposent les nombreuses expériences faites en vue de la détermination des étalons à bouts plans, par la méthode des contacts et par celle des interférences lumineuses. L'accord des expériences exécutées au moyen des deux méthodes est tout à fait satisfaisant. Les mesures proprement dites d'étalons sont complétées par de très intéressantes études concernant notamment la perte de phase par réflexion.

Dans sa dernière session, le Comité avait décidé que le Cinquantenaire de la Convention ne pouvait pas avoir de commémoration plus digne que par la publication d'un volume, qui, sous le titre : *La création du Bureau international des Poids et Mesures et son œuvre*, serait consacré à l'histoire du Pavillon de Breteuil, à celle de la Convention et aux résultats scientifiques et techniques de cette fondation.

Cet Ouvrage a paru hier, et les Membres de la Conférence ont pu déjà admirer ce volume, dont M. Guillaume a dirigé la publication, et auquel il a apporté une importante contribution en écrivant plusieurs chapitres groupés sous le titre : *L'Œuvre du Bureau international des Poids et Mesures*. On peut aussi le regarder comme un intéressant précis de métrologie.

Après une préface dont je suis l'auteur, l'Ouvrage se continue par une histoire de la Convention du Mètre, due à M. Isaachsen, et à laquelle s'ajoute un curieux chapitre relatif à l'histoire du Pavillon de Breteuil. Des Notes personnelles de MM. Pérard, Maudet et Volet sont consacrées à divers sujets relevant de la technique de précision. Enfin, ce volume s'achève par des documents rassemblés par M. Reverchon.

Le Bureau a aussi fait imprimer un Mémoire dû à MM. Keesom et Tuyn, du Laboratoire cryogène de Leyde et intitulé : *L'Échelle des thermomètres à gaz*. Ce Mémoire a été distribué en épreuves aux principaux laboratoires de métrologie et aux personnes que la question intéresse spécialement. Il doit servir comme premier document à discuter par la Conférence thermométrique internationale, qui, selon toutes prévisions, se tiendra au printemps prochain.

Les installations et appareils nouveaux acquis par le Bureau sont exceptionnellement nombreux.

Je rappellerai d'abord que, aussitôt que la méthode des fils tendus se fut montrée pleine d'avenir, M. Benoit avait élaboré, en 1901, le plan d'une base ; mais le Comité international, auquel il fut soumis, estima qu'il convenait de se documenter d'abord par des expériences, avant d'entreprendre la construction d'un appareil coûteux. M. Benoit, avec la coopération de M. Guillaume, fit une installation, qui était considérée comme provisoire et qui serait, dans l'idée dirigeante à cette époque, remplacée dans l'intervalle d'une année environ par une construction définitive. En fait, la base qui fut montée alors servit pendant vingt-quatre ans et révéla ce qu'on peut attendre des fils d'invar, dont plus de 800 ont été déterminés par son moyen. Mais sa vérification exigeait un travail d'environ une semaine, dans des conditions particulières de température. Celles-ci étant rarement satisfaites, et l'observation demandant que deux observateurs aient devant eux une semaine entièrement libre, la vérification ne pouvait en être faite que très rarement.

On élaborera donc le projet d'une nouvelle base, dont la détermination devait être beaucoup plus facile en même temps que plus précise ; elle fut exécutée par la Société Genevoise et on l'installa au début de l'année 1925, en utilisant le couloir souterrain qu'occupait l'ancien dispositif.

Il s'agit en réalité de deux bases, l'une primaire, constituée par l'ensemble de sept microscopes ; l'autre secondaire. On détermine la valeur de la base primaire au moyen d'une règle, amenée successivement sous les microscopes de repère, puis on reporte la distance des microscopes extrêmes sur la base secondaire, qui sert à faire toutes les comparaisons. Comme cette base varie dans le cours du temps, et notamment sous l'action des changements de température, on a conservé, pour la contrôler, une série de douze fils d'invar, qui lui sont comparés chaque semaine.

Maintenant, les expériences sont assez sûres pour que l'on puisse reprendre une idée déjà sanctionnée par la Cinquième Conférence, celle de faire circuler des fils de 24 mètres entre les laboratoires possédant des bases primaires ; on obtiendra de cette façon une vérification des bases de contrôle.

Le second appareil est un comparateur à dilatation. Celui qui avait été installé

au Bureau en 1882 et qui remplaçait le comparateur de Wrede, était arrivé aux limites tolérables de l'usure en raison du nombre extraordinaire de comparaisons auxquelles il avait servi.

En 1913 déjà, on avait envisagé son remplacement, et le Bureau avait commandé, à la Société Genevoise d'Instruments de Physique, un comparateur à microscopes mobiles, d'un nouveau modèle. Les difficultés de transport avaient fait retarder, de près de cinq années, la livraison de cet instrument; et les comparaisons que M. Guillaume avait faites dans un laboratoire où un appareil de ce modèle était installé, lui avaient montré qu'il contenait des dispositifs rendant son emploi difficile et peu sûr.

Une nouvelle étude fut donc exécutée, et la Société Genevoise modifia le comparateur en conséquence.

L'instrument était terminé depuis quelque temps déjà, mais la situation financière du Bureau ne permettait plus d'en couvrir les frais. C'est alors qu'une aide généreuse vint de l'*International Education Board*; le comparateur fut livré à la fin de 1924, et on l'installa dès que des vérifications, qui s'étaient montrées entre temps désirables, eurent été faites avec l'ancien appareil.

Le nouvel instrument a déjà permis des déterminations intéressantes dont il sera question au cours de cette Conférence.

La construction d'un appareil interférentiel de mesure des calibres avait été décidée dans la session du Comité de 1923; mais la dépréciation du franc avait conduit à en retarder un peu la commande. Elle a été passée seulement en 1926, et l'appareil lui-même est installé au Bureau depuis quelques mois. Il facilitera beaucoup la détermination des étalons à bouts plans, dont la vérification est souvent demandée au Bureau.

Un appareil de micrographie a été également acquis, afin que le Bureau puisse conserver l'image, prise avec des grossissements atteignant 500 diamètres, des mouches polies sur des règles prototypes. La collection de ces images pourra montrer si les traits ont subi des détériorations dans le cours du temps.

Je puis soumettre aux Membres de la Conférence une collection de photographies déjà faites.

Je passe sur les appareils de moindre importance, que Messieurs les Délégués pourront voir en fonctionnement au Bureau.

Un grand travail a été consacré à la comparaison périodique des étalons prototypes. Déjà commencé un peu avant la période dont nous nous occupons, il est presque achevé aujourd'hui; il ne manque plus que la mesure de quelques règles qui n'ont pas été renvoyées au Bureau, notamment celles des pays possédant plusieurs prototypes.

Cette première vérification a donné des résultats extrêmement intéressants. D'abord, certaines observations ayant conduit à suspecter les valeurs des dilatactions déterminées autrefois, celles-ci ont été vérifiées par des méthodes perfectionnées, aussi bien à l'appareil Fizeau qu'au comparateur, et ont mis hors de doute le fait que toutes les règles prises dans la même coulée possèdent une dilatabilité identique, aussi loin que permettent de le conclure les meilleures observations.

Dans l'ensemble, les règles ont conservé leur équation dans d'étroites limites. On a relevé cependant des différences qui dépassent les erreurs possibles des observations et dont l'explication n'a pas encore été trouvée. S'agit-il d'accidents, ou peut-on admettre que les traits, dont quelques-uns ne sont pas parfaitement définis, aient été vus autrement dans les récentes années qu'en 1888 et 1889? On ne peut pas encore répondre à cette question.

Parmi les règles vérifiées, se trouvait celle de Serbie, qui avait suivi la retraite de l'armée entre Belgrade et Corfou, et possédait sur le côté des marques visibles de violences; cependant, son équation ne fut trouvée différer de l'ancienne que de $0^{\mu},2$. A moins qu'on admette une compensation des détériorations, on est conduit à supposer que les règles de platine iridié résistent parfaitement, pour leur longueur totale, à des chocs susceptibles de laisser des traces bien visibles.

Mais il est une chose que nous pouvons constater sans être en mesure de l'expliquer complètement: c'est que les deux règles d'usage du Bureau n° 26 et Type III ont subi un allongement compris entre $0^{\mu},3$ et $0^{\mu},4$. On pourrait supposer, par exemple, que ces règles constamment en usage, et dont les mouches ont été fréquemment nettoyées, ont subi un déplacement apparent des traits par l'accumulation des passages du blaireau sur les mouches. Il faut remarquer que le raccourcissement de $0^{\mu},7$, attribué en 1901 à la règle n° 22, appartenant à l'Allemagne, a été ramené, par les comparaisons récentes, à $0^{\mu},36$. De même, le raccourcissement de $0^{\mu},40$, qu'on avait cru trouver sur le prototype n° 27, appartenant aux États-Unis, est en réalité négligeable.

Il y a près de 40 ans, une détermination du rapport du Yard au Mètre avait été faite au Bureau et avait conduit à une valeur depuis lors légalement admise. Récemment, une semblable détermination a été exécutée en partie à Londres et en partie au Bureau international.

Cette fois, une règle spéciale a été construite, dont il était possible de déterminer la valeur en fonction du Yard et du Mètre, rapportées toutes deux à une échelle divisée en parties d'égale longueur. Cette détermination a fourni un résultat certainement plus précis que celui d'autrefois, mais qui en diffère extrêmement peu, de telle sorte qu'on peut légitimement se demander si la

différence est réelle, et indique un faible raccourcissement du Yard, ou si elle rentre dans les limites des erreurs d'observation; il ne faut pas oublier, en effet, que l'étalon principal du Yard a été tracé en 1840 et que ses traits ne permettent pas, à beaucoup près, de garantir une précision de $0^{\mu}, 1$ dans les comparaisons.

Un autre travail, qui a beaucoup occupé le Bureau, est l'élaboration des méthodes servant à déterminer les quartz-étalons par les interférences lumineuses et la détermination de la première série, allant de 10^{mm} à 100^{mm} . D'autres étalons semblables sont actuellement en construction.

Au cours de ce travail, des faits intéressants ont été mis hors de doute, tels que les différences dans la dilatabilité et dans l'indice de réfraction, suivant les échantillons. La précision atteinte dans ces déterminations, faites par les deux méthodes que M. Pérard a exposées devant la Sixième Conférence, est certainement supérieure au centième de micron et semble même atteindre la moitié de ce nombre. Lorsque ces études seront terminées, le Bureau pourra mettre à la disposition des laboratoires nationaux des quartz exactement déterminés en fonction des longueurs d'onde lumineuses, et qui pourront servir à contrôler les conditions d'émission de divers rayonnements, et aussi les méthodes de mesure.

A cette occasion, M. Pérard a fait une étude très minutieuse des radiations employées dans les déterminations interférentielles; il a trouvé, pour la plupart d'entre elles, une raie et un satellite qui en est voisin et qui, superposant sa radiation à celle de la raie principale, modifie en apparence sa longueur d'onde. Il a construit, point par point, des courbes qui montrent ces variations apparentes, et sans la possession desquelles on serait conduit à commettre des erreurs dans les mesures interférentielles.

La question de la conservation des étalons de masse a aussi préoccupé le Bureau; on a constaté, à plus d'une reprise, l'usure des poids, qu'il est très difficile, mais non impossible d'éviter; on a aussi recherché si la sublimation du platine iridié peut faire perdre à ces étalons une quantité de matière appréciable. M. Maudet a soumis, pendant une année, un étalon déprécié par suite d'une chute qu'il avait subie dans une balance, à l'action d'un courant d'air chauffé à 100° . Ces conditions — est-il besoin de faire remarquer — sont infiniment plus sévères que celles dans lesquelles se trouvent ordinairement les poids étalons. Cependant, le poids en platine iridié n'a pas varié d'une quantité appréciable.

M. Volet a fait une étude des laitons, surtout au point de vue de la stabilité; cette étude a conduit à des résultats intéressants concernant l'usage de ces alliages en métrologie.

Enfin, le Bureau est dans l'obligation de déterminer les étalons de toutes

natures qui lui sont envoyés par les États ayant adhéré à la Convention du Mètre; cette partie de son programme nécessite des travaux continus, d'autant plus laborieux qu'ils sont plus minutieux; mais, en dehors des principes généraux élaborés par le Bureau, ces déterminations offrent un moyen pratique de faire pénétrer des étalons bien connus des diverses unités métriques partout où l'on s'occupe de mesures de haute précision.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Volterra de son rapport si clair et si complet. Il y joint ses félicitations au Directeur du Bureau et à ses collaborateurs.

L'ordre du jour appelle la discussion sur les 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 le rapport suivant, distribué déjà en épreuves à tous les délégués.

Résultats de la première des vérifications périodiques des mètres prototypes.

Dans un rapport présenté à la Sixième Conférence générale, j'ai pu indiquer déjà comme très probable l'égalité de dilatation des règles tirées d'un même lingot. Cependant, pour mettre ce fait hors de doute, il fallait encore des expériences nombreuses et délicates, qui devaient être entreprises dans un très proche avenir; elles ont pu, effectivement, être exécutées au cours de la dernière période sexennale. En même temps, se développait la première des vérifications périodiques des prototypes de longueur, distribués en 1889, et auxquelles les deux tiers des règles ont déjà participé. Cette vérification a conduit à des conclusions très intéressantes, exposées dans la suite de ce rapport.

LA DILATATION DES MÈTRES PROTOTYPES EN PLATINE IRIDIÉ.

1. Lorsque, en 1888, nous fûmes chargés, J.-René Benoit et moi, de déterminer la dilatation des nouveaux mètres prototypes, nous pensâmes ne pouvoir mieux faire que de mesurer, avec toute la précision qui nous semblait alors possible, la dilatation absolue de l'un d'eux et de lui rapporter ensuite celle de tous les autres, en utilisant la méthode relative de mesure, qui, n'obligeant à surveiller que la température d'une auge, et même laissant plus de latitude au point de vue de la constance de cette température, était beaucoup plus expéditive et aussi plus sûre.

Nous avons donc mesuré la longueur de la Règle n° 6, chacun à quarante températures différentes comprises entre 0° et 38°, par rapport à la Règle n° 12, maintenue à la température à très peu près constante de 18°.

Ces mesures, commencées, pour la Règle n° 6, le 23 mai 1888, furent terminées le 8 juillet de la même année. Elles conduisirent aux formules :

$$(B) \quad \alpha[6] = (8645 + 0,59 \theta) 10^{-9},$$

$$(C) \quad \alpha[6] = (8642 + 0,46 \theta) 10^{-9}.$$

dont la moyenne est

$$\alpha[6] = (8644 + 0,52 \theta) 10^{-9}.$$

D'autre part, des mesures faites par J.-René Benoit à l'appareil Fizeau avaient donné

Règle n° 6, extrémité A.....	$(8666 + 1,46 \theta) \cdot 10^{-9}$
» » B.....	$(8653 + 1,48 \theta) \cdot 10^{-9}$
Moyenne.....	$(8660 + 1,47 \theta) \cdot 10^{-9}$

Ces résultats partiels étaient bien concordants lorsque l'on comparait entre eux les nombres obtenus avec le même appareil, mais différaient sensiblement d'un appareil à l'autre. Cependant, aucune erreur systématique n'ayant pu être découverte, on prit simplement la moyenne générale, et l'on admit pour la dilatation de la Règle n° 6 la valeur

$$(8651 + 1,00 \theta) 10^{-9}.$$

Ensuite, les dilatations des autres prototypes furent déterminées chacune par huit séries de comparaisons à température ascendante puis descendante, et l'on attribua aux prototypes les valeurs directement trouvées. Parmi ces valeurs, il en était beaucoup d'assez voisines de celle de la règle principale pour que l'on eût pu les considérer, à l'approximation des mesures, comme identiques. Mais quelques divergences semblaient dépasser légèrement les erreurs possibles des observations, et l'on admit uniformément, pour chaque règle, les nombres auquel avait conduit le comparateur.

2. Lorsqu'on eut commencé la revision des équations des mètres prototypes, en 1919, quelques vérifications furent faites, qui nous amenèrent à douter de la parfaite exactitude de nos déterminations d'autrefois. D'autre part, une nouvelle mesure de la constante de l'appareil Fizeau que J.-René Benoit avait faite en 1913, avait conduit à des nombres sensiblement inférieurs à ceux obtenus au moyen du même appareil, avant 1889.

Une vérification serrée s'imposait donc avant tout, aussi bien au comparateur qu'à l'appareil Fizeau. Cette vérification a été poursuivie, et elle a permis de mettre hors de doute des faits intéressants, mais sans conduire encore à des conclusions fermes.

3. D'abord, nous avons pu perfectionner la méthode générale.

Au début, alors que nous ne connaissions pas sûrement la limite de précision avec laquelle on pouvait exprimer par une formule à deux termes la dilatabilité du platine iridié, il convenait de chercher à la déterminer en mesurant la longueur des règles en un certain nombre de températures à peu près équidistantes. Mais, depuis lors, de nombreuses mesures ont été faites au Bureau, qui ont mis en évidence la parfaite régularité de la courbe, et montré qu'une formule à deux termes est largement suffisante dans les limites de 0° à 40°. Bien plus, des déterminations ont été faites dans d'autres Instituts métrologiques, en écartant beaucoup les limites. Je donnerai seulement comme exemple celles de MM. Holborn et Day, à la Reichsanstalt, qui montrent qu'une formule à deux termes

représente la dilatabilité du platine d'une façon satisfaisante sur un intervalle de plus de 500 degrés

Nous avons donc modifié la manière de déterminer les dilatations. Admettant d'avance une formule quadratique, nous avons cherché à obtenir aussi sûrement que possible trois points de la courbe. Un calcul élémentaire montre que le poids des observations, pour le calcul des deux coefficients, est maximum lorsqu'elles sont situées aux extrémités et au milieu de l'intervalle considéré. Dès lors, nous avons toujours opéré conformément à cette indication, en accumulant les observations au voisinage de trois températures 0°, 16° à 17°, 32° à 34°; ou, si la saison permettait d'atteindre avec sécurité 36° ou 38°, nous déplaçons le point intermédiaire jusqu'à 18° ou 19°. De cette façon, nous pouvions exécuter un groupe étendu d'observations à chacune des températures, et assurer aisément une grande constance thermique.

Les premières observations tout à fait systématiques ont été faites, en 1921, par M. Maudet, M. Volet et moi.

A ce moment, nous pouvions disposer, au Bureau, de nombreux prototypes, envoyés pour la première vérification périodique. Parmi ceux qui étaient momentanément disponibles, s'en trouvaient six auxquels avaient été attribuées, en 1889, des dilatabilités faibles, moyennes et fortes dont les valeurs étaient les suivantes :

4.....	8,632.10 ⁻⁶	8.....	8,649.10 ⁻⁶	20.....	8,673.10 ⁻⁶
12.....	8,638 »	17.....	8,653 »	24.....	8,670 »

Opérant alors par des comparaisons en séries fermées, faites à 0° et à 30° entre tous ces étalons pris deux à deux, nous avons trouvé, par rapport à la dilatation moyenne, les valeurs relatives ci-après exprimées en millièmes :

	4.	8.	12.	17.	20.	24.
Guillaume.....	-0,003	-0,000	-0,001	+0,005	+0,002	-0,004
Maudet.....	-0,003	-0,002	-0,003	+0,005	0,000	+0,002
Volet.....	-0,003	0,000	-0,003	+0,004	-0,004	-0,001
Moyenne.....	-0,003	-0,001	0,000	+0,005	-0,001	0,000

On voit que, pour quatre des règles, les différences sont sensiblement nulles par rapport à la moyenne; pour deux règles seulement, nous trouvons une différence négative de 0,003. 10⁻⁶ et une positive de 0,005. 10⁻⁶, présentant entre elles un écart de 0,008. 10⁻⁶, alors que dans les mesures primitives, la différence atteignait jusqu'à 0,041. 10⁻⁶; mais on remarquera que les mesures faites par les trois observateurs sont exceptionnellement concordantes pour les deux règles en question, et l'on peut supposer que toutes les erreurs ont été de même sens.

Nous avons trouvé une vérification dans l'opération suivante : ayant été amenés à déterminer la différence de dilatabilité entre l'alliage Matthey et celui du Conservatoire, nous avons choisi, pour représenter la première de ces coulées, les règles nos 4 et 17, tandis que les règles nos 11' et 26' ont été prises pour la seconde. Les résultats ont été les suivants, en millièmes :

	4.	17.	11'.	26'.
Guillaume.....	-0,007	-0,011	-0,005	-0,012
Maudet.....	-0,014	-0,010	-0,011	-0,013
Volet.....	-0,007	-0,010	-0,007	-0,011
Moyenne.....	-0,009	-0,010	-0,008	-0,012

Ainsi, les règles nos 4 et 17 ne montrent plus qu'une différence égale à $0,001.10^{-6}$; l'écart entre les coulées est de $0,020.10^{-6}$.

D'autre part, M. Pérard a mesuré, sur des échantillons pris aux deux extrémités des règles, la dilatabilité des mètres, nos 6, 4 et 20, et trouvé les moyennes à 50° : 8,810, 8,808, 8,812. 10^{-6} , qui sont encore pratiquement identiques, avec un β moyen égal à $1,77.10^{-9}$. Ces valeurs ont été rapportées à la dilatabilité du trépied de l'appareil Fizeau, en adoptant celle qu'il avait lui-même déterminée.

Les dilatabilités des règles n° 13 et IV de l'alliage du Conservatoire lui ont donné une différence de $-0,021.10^{-6}$ par rapport à la dilatabilité des trois règles susnommées.

Je rappellerai que trois déterminations avaient été faites de la dilatabilité du trépied : celle de J.-René Benoît, à laquelle ont été rapportées toutes les premières mesures, une autre qu'il fit en 1913, en utilisant les radiations très monochromatiques, déjà bien connues à cette époque, enfin celle de M. Pérard, en 1924. Elles ont donné les résultats suivants :

	$10^9 \alpha_{50}$
Benoît 1888.....	8763
» 1913.....	8740
Pérard 1924.....	8784

Les divergences peuvent surprendre. On remarquera que, dans la dernière détermination, on a pris toutes les précautions qui avaient été suivies dans les deux premières, et employé des artifices supplémentaires, afin de ne rien négliger de ce qui pouvait assurer l'exactitude de la valeur cherchée.

Plus tard, une objection a semblé possible. Il est nécessaire lorsque les vis du trépied sont en place, de les serrer fortement par des écrous s'engageant dans les oreilles où sont pratiqués les filetages pour ces vis; or, le serrage par des vis, qui ne possèdent pas exactement la dilatabilité du trépied, est certainement variable avec la température. De plus, il se peut que la plate-forme de l'appareil prenne une légère courbure lorsque la température varie. Or la dilatation du trépied est déterminée sur une des faces de la plate-forme, la dilatation des échantillons sur l'autre, qui porte les saillies servant à les supporter. On sera renseigné sur cette particularité, si l'on détermine la dilatation du trépied en laissant émerger les vis de la quantité strictement nécessaire aux mesures.

La détermination ainsi faite par M. Pérard a donné, dans les limites des erreurs d'observation, les mêmes résultats que les mesures fondamentales.

Jusqu'ici, on ne voit pas quelle cause d'erreur pourrait encore affecter les mesures. Toutefois, on ne peut se dissimuler que les écarts qu'ont donné trois déterminations indépendantes paraissent un peu trop forts pour que l'un ou l'autre ne soit pas altéré par une erreur systématique.

Les comparaisons faites autrefois entre 30 règles Johnson-Matthey et le Prototype M, ont donné :

Pour la moyenne des premières observations, un écart de.....	$+0,002.10^{-6}$
Pour les quatre règles du Conservatoire, l'écart a été de.....	$-0,019$
La différence est donc.....	$-0,021.10^{-6}$

Des déterminations faites à l'appareil Fizeau par J.-René Benoît sur six échantillons empruntés à la coulée Johnson-Matthey, ont donné la dilatation moyenne

$$\alpha_m = (8653 + 1,70\theta).10^{-9}$$

et pour cinq règles de la coulée de 1871, on a obtenu

$$\alpha_m = (8633 + 1,75\theta) \cdot 10^{-9}.$$

En ramenant les deux formules à la même valeur de β pour l'intervalle 0°-10°, on a, entre les deux coulées, la différence $0,019 \cdot 10^{-6}$, nombre pratiquement identique aux précédents.

4. Il s'agit maintenant de déterminer la dilatabilité vraie des étalons.

Une remarque s'impose d'abord relativement aux mesures primitives. Comme il a été dit, elles furent exécutées entre le 23 mai et le 8 juillet, à une époque de l'année où la température monte assez rapidement dans l'observatoire du Bureau. L'action des auges sur la température des microscopes au début de ces mesures était considérable, et la distance de ces derniers a augmenté parfois de 3^u au cours d'une seule série de déterminations. Pour cette raison, les observations initiales comportent une incertitude plus grande que celle de la fin des mesures.

En prenant la moyenne des vingt premières séries et des vingt dernières, on trouve, pour chacun des observateurs, les résultats suivants :

Observateurs.	$10^6 \alpha_0$.	$10^6 \beta$.	α_{10} .
Benoit.....	8,632	-0,54	8,648
Guillaume.....	8,690	+0,76	8,643
Moyenne.....	8,626	-0,65	8,645
Benoit.....	8,644	-0,98	8,673
Guillaume.....	8,651	-0,43	8,664
Moyenne.....	8,647	+0,70	8,668

Le second groupe de mesures a donc conduit à une dilatabilité moyenne de $0,023 \cdot 10^{-6}$ supérieure à celle que révèlent les observations du premier groupe. En s'en tenant aux observations faites au comparateur, et ne prenant que les plus sûres, on obtiendrait donc une dilatabilité de $0,011 \cdot 10^{-6}$ supérieure à celle qui avait été conclue de l'ensemble des mesures.

Entre les observations d'autrefois et celles d'aujourd'hui, un détail de peu d'apparence a permis un perfectionnement important.

Lorsque la température d'une des auges se trouve beaucoup au-dessus de la température ambiante, surtout lorsque, comme c'est généralement le cas dans notre observatoire, l'humidité approche de la saturation, la vapeur qui s'échappe de l'auge chauffée vient se déposer en une buée opaque sur les objectifs des microscopes, et rend toute observation impossible. C'est pourquoi, autrefois, dès que l'on était menacé par ce dépôt, on plaçait à proximité des microscopes deux tubes étroits, reliés par une canalisation à une poire, que l'observateur actionnait, de manière à produire, au-dessous de l'objectif, un courant d'air entraînant la vapeur. Ce procédé était efficace, mais il était, pour l'observateur, la cause d'une fatigue supplémentaire appréciable.

Depuis que nous sommes reliés au secteur de distribution, nous avons placé, autour des objectifs, de petites bobines, que l'on peut amener, par l'action du courant électrique, à une température légèrement supérieure à l'ambiante, et grâce à laquelle on évite tout dépôt de buée sur le microscope.

Je rappellerai que le prototype de dilatation était constitué par la règle n° 6; or, il se trouve que cette même règle possédait une valeur identique à celle du Mètre des Archives. Elle était donc devenue le prototype international de longueur et, par suite, inaccessible; mais la parfaite égalité des dilatations dans les règles d'une même coulée nous permettait de conclure celle du prototype de dilatation, grâce à la mesure d'une règle quelconque de la même coulée.

Avant de démonter le comparateur à dilatation, qui devait être remplacé par un instrument nouveau, nous avons déterminé, à la fin de 1925, avec tous les soins possibles, la dilatabilité absolue des règles nos 14 et 26, en même temps que leur dilatabilité relative. Les observations ont été faites au voisinage de 0°, 16° et 34°. Auparavant, nous avons garni de liège le couvercle de l'auge principale; de plus, nous avons pris, pour règle de comparaison, une tige d'invar dont la dilatabilité était inférieure à toute quantité mesurable.

Les observations faites, en trois groupes indépendants, par M. Maudet, M. Volet et moi, ont donné :

$$\begin{aligned}\alpha[14] - \alpha[26] &= + 0,002.10^{-6}, \\ \alpha[14] &= (8608 + 1,89\theta).10^{-9}, \\ \alpha[26] &= (8613 + 1,67\theta).10^{-9}, \\ \text{Moyenne} &= (8611 + 1,78\theta).10^{-9}.\end{aligned}$$

Ce furent les dernières mesures faites au moyen de l'ancien comparateur, qui fut démonté aussitôt après.

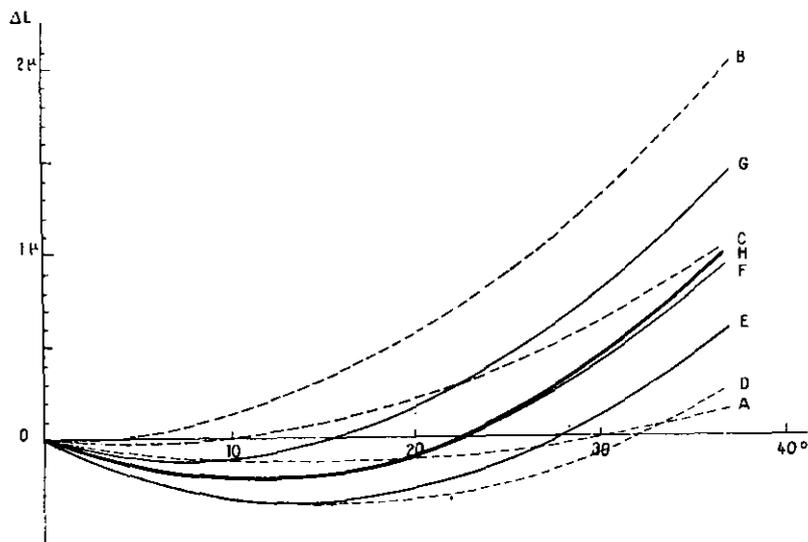
Lorsque le nouveau comparateur eut été installé, MM. Pérard et Maudet entreprirent une mesure de dilatation, en suivant un plan identique à celui qui avait été adopté pour les déterminations ci-dessus. Ces mesures ont donné :

$$\begin{aligned}\alpha[20] - \alpha[26] &= + 0,003.10^{-6}, \\ \alpha[20] &= (8617 + 2,08\theta).10^{-9}, \\ \alpha[26] &= (8592 + 2,67\theta).10^{-9}, \\ \text{Moyenne} &= (8604 + 2,38\theta).10^{-9}.\end{aligned}$$

On remarquera que la valeur de β obtenue finalement à l'ancien comparateur à dilatation est identique à celle qu'a donnée l'appareil Fizeau. Nous admettrons provisoirement son exactitude, et recalculerons les dernières mesures dans l'hypothèse que le deuxième coefficient doit être égal à $1,77.10^{-9}$.

Si, dans la représentation graphique des résultats individuels, on figurait les allongements eux-mêmes en fonction de la température, il serait difficile de distinguer les courbes les unes des autres. En revanche, on peut représenter seulement les excès par rapport à la quantité $8660\theta.10^{-9}$. En opérant ainsi, on obtient une série de courbes nettement séparées, et qui font bien ressortir les divergences que présentent entre elles les formules trouvées dans le cours du temps. Les courbes A et B correspondent aux mesures faites au comparateur et à l'appareil Fizeau, en vue de la première détermination de la dilatabilité des prototypes avant leur distribution; C représente la moyenne des précédentes, c'est-à-dire la dilatabilité de \mathcal{M} telle qu'elle avait été admise depuis 1889; D figure la fonction déduite, pour \mathcal{M} , de la comparaison avec les cinq règles appartenant au Bureau; E est la courbe déterminée en 1925 à l'aide de l'ancien comparateur, et F, celle qui a été trouvée en 1927 au moyen du nouveau comparateur; G représente les résultats obtenus en 1921-24 au

moyen de l'appareil Fizeau. La moyenne des trois courbes E, F et G est figurée en H; elle se confond pratiquement avec F. Si l'on représentait les résultats des vingt dernières



Représentation de l'excès par rapport à $8660 \Theta \cdot 10^{-9}$, des dilations obtenues par diverses opérations exécutées au comparateur et à l'appareil Fizeau, sur des prototypes de la coulée principale.

mesures dans la détermination initiale de la dilatation du prototype, il faudrait remonter la courbe A de $0,01 \Theta \cdot 10^{-6}$, c'est-à-dire qu'elle couperait la courbe C vers 8° .

Conclusions. — Les travaux de ces dernières années ont mis hors de doute les faits suivants :

a. Les règles de platine iridié appartenant à la même coulée ont la même dilatation. La coulée du Conservatoire possède une dilatabilité plus faible de $0,020 \cdot 10^{-6}$ que la coulée Johnson-Matthey.

b. Le coefficient β admis autrefois était trop petit; en d'autres termes, la courbure de la ligne représentant la dilatation est plus forte que celle qui a été admise.

c. Entre 0° et 40° , les plus grands écarts des nombres primitifs sont réduits à $4/10$ dans les expériences récentes. Même la concordance entre leur moyenne et les résultats obtenus au nouveau comparateur peut être considérée comme parfaite; mais c'est à la condition d'admettre le coefficient β de l'équation de dilatation tel qu'il a été trouvé par l'appareil Fizeau et l'ancien comparateur.

Il nous reste encore à rechercher les causes de divergence qui semblent exister entre les déterminations faites au comparateur et à l'appareil Fizeau.

DÉTERMINATIONS ABSOLUES.

En 1919, la comparaison des prototypes nationaux nos 2 (Suisse), 3 (Norvège), 17 et 24 (Espagne), avec les étalons d'usage du Bureau, n° 26 et T_3 , avait conduit à ce fait inattendu, que tous les prototypes nationaux semblaient s'être raccourcis. Peu après ces premières mesures, les prototypes nos 12 (Belgique), 25 (Mexique), et 29 (Suède), parvinrent au Bureau, et un groupe de 9 règles put être constitué. Les comparaisons confirmèrent les résultats déjà trouvés.

La conclusion, tirée d'abord des premières comparaisons, parut alors invraisemblable, et nous fûmes tout naturellement conduits à suspecter la conservation des étalons d'usage du Bureau, que, dans l'intervalle écoulé depuis les comparaisons primitives avec le Mètre international, nous n'avions jamais mise en doute, à cause de la constance presque rigoureuse de l'équation relative de ces deux étalons.

Cette même année, le Comité international estima que le Bureau devait avoir recours aux témoins du Prototype international (Prototype provisoire I_2 et Règle n° 13, puis à ce Prototype lui-même).

Je rappellerai que l'une de ces règles, I_2 , est tracée sur poli mat, et procure une moindre certitude des résultats que les prototypes tracés sur poli spéculaire, comme le sont tous ceux de la grande série. La règle n° 13 possède, il est vrai, un tracé médiocre; mais le Prototype international montre de fort belles surfaces, et des tracés qui, vus avec les grossissements employés dans les comparateurs, peuvent être considérés comme parfaits.

D'après les résultats qui viennent d'être énoncés, les comparaisons n'avaient à subir aucune réduction pour être ramenés à 0°, tandis que, lors des déterminations primitives, les calculs avaient été faits conformément aux indications tirées des dilatations admises.

Les résultats des comparaisons faites jusqu'à ce jour sont les suivants, rapportés au Mètre international :

Destination.	N°	Équations à 0° :		Différence.
		en 1888-1889.	en 1920-1925.	
Témoins	I_2	+5,94	+6,09	+0,15
	13	+0,19	+0,16	-0,03
	26	+0,77	-1,15	-0,38
Bureau	T_3	-1,41	-1,77	-0,36
Italie.....	1	-1,00	-1,68	-0,68
Suisse.....	2	-1,27	-1,42	-0,15
Norvège.....	3	+0,38	+0,17	-0,21
France.....	4	-1,08	-1,08	0,00
Finlande.....	5	+2,27	-2,34	-0,07
Bavière.....	7	+0,24	—	—
France.....	8	-0,42	-0,81	-0,39
Italie.....	9	-1,24	—	—
Portugal.....	10	-0,69	—	—
Russie.....	11	-0,55	—	—
Belgique.....	12	-0,40	-0,55	-0,15
Bureau.....	13	+0,19	+0,16	-0,03
Hongrie.....	14	-1,36	-1,88	-0,52
Autriche.....	15	+0,95	—	—
Angleterre.....	16	-0,59	-0,60	-0,01
Espagne.....	17	+0,95	+0,75	-0,20
Allemagne.....	18	-1,17	-1,53	-0,36
Autriche.....	19	+1,12	—	—
France.....	20	+0,96	+0,82	-0,14
États-Unis.....	21	+2,54	—	—
Japon.....	22	-1,16	-0,80	+0,36
Belgique.....	23	-0,96	—	—
Espagne.....	24	+1,91	+1,87	-0,04
Mexique.....	25	+0,63	+0,47	-0,16
États-Unis.....	27	-1,50	-1,41	+0,09
Russie.....	28	+0,47	—	—
Suède.....	29	-2,52	-2,50	+0,02
Serbie.....	30	+2,60	+2,83	+0,23

On peut déduire des comparaisons actuelles, rapprochées des comparaisons anciennes, un résultat très intéressant concernant la variation de nos deux étalons d'usage n° 26 et T₂. La règle allemande, qui avait subi un accident, a été comparée en 1901 à ces étalons. On l'avait trouvée égale à 1^m — 1^μ,72, et l'on avait conclu qu'elle avait éprouvé un raccourcissement d'environ 0^μ,7. Or nous savons aujourd'hui qu'une partie de l'écart constaté est due à l'allongement de nos étalons d'usage, et effectivement, nous ne trouvons plus ce prototype raccourci que de 0^μ,36. En supposant que la règle allemande ne se soit pas modifiée depuis 1901, on en conclura que nos étalons avaient déjà subi leur allongement à cette époque. On en a une autre preuve dans les résultats des comparaisons faites par MM. Fischer et Maudet en 1904, de l'étalon des États-Unis n° 21, auquel nous avons attribué un raccourcissement de 0^μ,39, tandis que les observations nouvelles ne donnent pas de variation sensible. Ces deux comparaisons s'accordent donc à montrer que depuis 1901 (ou 1904), nos étalons d'usage ont conservé parfaitement leur longueur. Les dernières comparaisons avec le Mètre prototype M ayant été faites en 1892, on peut en conclure que le changement s'est produit entre cette époque et 1901.

Une étude très intéressante a été faite par M. Volet, qui a comparé entre elles les trois longueurs voisines de 1^m représentées respectivement, sur les règles n°s 1, 8 et 22, par les traits principaux et les traits auxiliaires qui encadrent ces derniers à un demi-millimètre de distance. Ces trois règles sont parmi celles qui ont subi les plus fortes variations, dont une, exceptionnellement, positive. L'ensemble des trois règles définit neuf longueurs distinctes, qui ont été comparées entre elles dans toutes les combinaisons possibles et dans deux positions symétriques des règles. Les pointés ont été faits d'abord sur la portion des traits transversaux comprise entre les traits longitudinaux, puis en pointant toute la portion du trait visible dans les microscopes; les résultats ont été ramenés au mètre, en supposant la moyenne de ces trois règles déterminée sans erreur.

Règles.	1888-1889.	Traits limités.	Traits étendus.	δ.	δ'.	δ''.
1 ₁ = 1..... ^m	— 2,58	— 2,80	— 2,88	— 0,22	— 0,30	— 0,08
1 ₂ = 1.....	— 1,00	— 1,78	— 1,35	— 0,78	— 0,35	— 0,43
1 ₃ = 1.....	— 14,45	— 14,64	— 14,46	— 0,19	— 0,01	+ 0,18
8 ₁ = 1.....	— 13,38	— 13,88	— 13,81	— 0,50	— 0,43	+ 0,07
8 ₂ = 1.....	— 0,42	— 0,75	— 0,77	— 0,33	— 0,35	— 0,02
8 ₃ = 1.....	— 1,84	— 2,40	— 2,39	— 0,56	— 0,55	+ 0,01
22 ₁ = 1.....	— 2,08	— 2,16	— 2,36	— 0,08	— 0,28	— 0,20
22 ₂ = 1.....	— 1,16	— 0,76	— 1,00	— 0,40	— 0,16	— 0,24
22 ₃ = 1.....	— 11,88	— 11,58	— 11,74	— 0,30	— 0,14	— 0,16

Les valeurs individuelles trouvées pour les longueurs fondamentales des trois règles diffèrent peu de celles qui ont été obtenues par les comparaisons de 1920-1922, l'observateur s'étant astreint à pointer d'après les préceptes suivis dans les comparaisons précédentes.

En examinant les nombres du Tableau, nous voyons d'abord, d'après les différences δ, que, pour la règle n° 1, les traits principaux semblent seuls avoir subi un fort déplacement; pour les deux paires de traits auxiliaires, le changement est voisin de — 0^μ,2. Pour la règle n° 8, la distance des trois paires de traits a varié à peu près de la même quantité toutefois un peu plus sur les traits auxiliaires que sur les traits principaux. Pour la règle n° 22, enfin, la distance des traits principaux a varié au maximum.

En résumé, pour la règle n° 1, la distance des traits principaux semble avoir seule varié d'une quantité notable; la variation paraît donc être due à une modification du trait; pour la règle n° 8, la comparaison des changements de longueur peut faire croire à une modification de toute la règle; enfin, pour le prototype n° 22, on ne peut rien tirer de certain.

La seconde série de mesures montre, par les différences δ' , pour la règle n° 1, un déplacement beaucoup moindre des traits principaux lorsqu'on élargit la portion du trait que l'on pointe; pour la règle n° 8, ce sont à peu près les mêmes résultats, et, pour la règle n° 22, les déplacements sont, au total, sensiblement moindres que dans le premier cas.

Les différences δ'' marquent l'écart des pointés entre les deux séries; une de ces différences est particulièrement forte; c'est celle qui se rapporte aux traits principaux de la règle n° 1.

Il est très remarquable, ainsi que M. le Président l'a fait observer dans son rapport, que la règle serbe se soit parfaitement conservée malgré les traitements qu'elle a subis. Quant aux deux témoins, n° 26 et T₃, appartenant au Bureau, les causes de leur variation restent encore problématiques. Toutefois, celle qui se trouve indiquée dans le rapport est la seule que nous ayons pu retenir jusqu'ici.

On remarquera que, dans le cours des années, nous avons accru les précautions dont sont entourées les règles étalons. Autrefois les mouches étaient, de temps à autre, essuyées à l'aide d'une peau bien propre, parfois imbibée d'acide chlorhydrique très dilué. Faut-il y voir la cause de la variation qui s'est produite dans les premières années? En tout cas, nous ne trouvons plus le moindre changement dans les vingt-six années écoulées. Nous pouvons espérer, grâce à l'éducation complète des observateurs, à la transmission de l'un à l'autre des soins à donner aux prototypes, ainsi qu'à la présence de la règle T₃, qui formera, pour nos prototypes d'usage, un étalon de référence, ne plus avoir à déplorer les très faibles changements que les comparaisons faites dans ces dernières années ont mis hors de doute.

M. le PRÉSIDENT remercie M. le Directeur du Bureau de son remarquable exposé, qui prouve un grand progrès, réalisé par le Bureau, dans les méthodes de la métrologie.

Il donne ensuite la parole à M. VOLTERRA, afin qu'il fasse part à la Conférence de la proposition votée par le Comité au cours de sa deuxième séance, à la suite du Rapport présenté par la *Commission des Instruments et des Travaux*.

M. VOLTERRA résume d'abord les conclusions du rapport de M. Guillaume, et fait observer qu'il résulte, sans aucun doute possible, des recherches faites au Bureau, l'égalité de dilatation des prototypes de la même coulée, au moins aussi loin que les expériences déjà exécutées permettent de l'affirmer; c'est là un résultat essentiel des déterminations des récentes années. Mais il reste encore une incertitude, qui peut paraître trop grande, en ce qui concerne la dilatabilité absolue des prototypes, bien que les résultats soient beaucoup plus sûrs que les données portées aux certificats sanctionnés par la Première Conférence générale des Poids et Mesures.

Comme conséquence de l'égalité de dilatation dans les règles d'une même

coulée, il tient à signaler que toute bonne détermination absolue de la dilatabilité des prototypes, exécutée par exemple dans un des laboratoires nationaux, que ces prototypes soient faits en alliage Johnson-Matthey ou qu'ils aient été pris dans la coulée du Conservatoire, pourra fournir au Bureau des documents utiles pour ses conclusions définitives.

La délégation américaine a proposé ⁽¹⁾ que le Bureau fasse son possible pour terminer les travaux en cours avant la Huitième Conférence générale, afin que celle-ci puisse ratifier les valeurs des dilatations et des équations qui seront portées aux nouveaux certificats; mais on peut espérer que les travaux seront terminés bien avant cette date; c'est pourquoi le Comité a cru pouvoir formuler sa proposition dans les termes suivants :

« Les conclusions auxquelles le Bureau international des Poids et Mesures est déjà parvenu présentent un grand intérêt scientifique, mais exigent encore quelques études complémentaires, qui, faute de temps, n'ont pu être terminées avant la Conférence. En conséquence, la Conférence est invitée à charger le Comité de faire procéder aux études en question au cours des deux années qui viennent, et à donner au Comité pleins pouvoirs pour prendre éventuellement, dans sa session de 1929, la décision de faire, aux anciens certificats, toutes corrections utiles, conformément aux résultats déjà obtenus dans les expériences qui sont en cours d'exécution. »

M. VOLTERRA ajoute qu'il serait très désirable que les mètres non encore parvenus au Bureau lui soient envoyés, afin que l'on puisse compléter autant que possible le tableau des équations données ci-dessus.

La proposition du Comité est adoptée par la Conférence à l'unanimité des votants.

L'ordre du jour appelle l'examen des appareils nouveaux : comparateur à dilatation, base murale, interféromètre pour l'étude des calibres-étalons, appareils pour la microphotographie.

M. le PRÉSIDENT propose de visiter immédiatement ces appareils.

A la reprise de la séance, M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Volterra, qui, après avoir fait remarquer que certaines des propositions devant être soumises à la Conférence sont parvenues au Comité jusque pendant sa session, dépose en son nom la proposition suivante :

« Lors des Conférences ultérieures, il sera fixé un délai minimum de six mois pour le dépôt des vœux ou propositions à la Conférence générale afin que le Comité ait le temps matériel de les examiner avant le moment de la Conférence. »

En ce qui concerne la Conférence actuelle, le Comité a dû décider de ne pas

(1) Voir ce volume : Propositions concernant la définition et la relation des unités et des étalons de longueur, présentées au nom du Bureau of Standards des États-Unis d'Amérique.

tenir compte des propositions qui lui sont arrivées après les premiers jours de sa session de 1927.

M. SEARS demande que, dans ces conditions, le programme de la Conférence soit adressé plus tôt aux Gouvernements intéressés.

Après échange de vue entre divers membres de la Conférence, la proposition est complétée ainsi :

« En échange, le Comité international devra faire en sorte que le programme provisoire parvienne aux Gouvernements au moins neuf mois avant la Conférence. »

La proposition du Comité et son complément sont adoptés à l'unanimité des votants.

Puis, en raison de l'heure avancée, M. le Président propose de renvoyer la suite des discussions à la prochaine séance fixée au 30 septembre à 15^h.

La séance est levée à 17^h30^m.



TROISIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE VENDREDI 30 SEPTEMBRE 1927.

Présidence de **M. G. BIGOURDAN**,
Ancien Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Sont présents :

- A. *Les délégués* : MM. DE BODOLA, BOCHKOVITCH, BURGESS, CHATELAIN, DEMPSEY, DOBROKHOTOV, DUNANT, FURTH, DA GAMA OCHŌA, GARBASSO, GAUTIER, DE GHYCZY, JANET, JOHANSEN, KARGATCHIN, KONOVALOV, KÖSTERS, MACMAHON, MESNAGER, MIYAKOSHI, OHASHI, RAUSZER, ROLLINO, SEARS, SERRANO, STATESCU, STRATTON, SVOBODA, TANAKADATE, le Prince VIPULYA, VOLTERRA, WALLROTH, WATANABE, WUORIMAA.
- B. *Le Directeur du Bureau international* : M. GUILLAUME.
- C. *Les invités* : MM. MAUDET, PÉRARD, ROUX, TROWBRIDGE, VOLET.

La séance est ouverte à 15^h.

Les comptes rendus de la première et de la deuxième séance sont lus et adoptés à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à M. AUGUSTUS TROWBRIDGE, représentant pour l'Europe, de l'*International Education Board*, invité.

L'ordre du jour appelle d'abord la communication sur les études faites en vue de caractériser les radiations les mieux monochromatiques utilisées jusqu'ici en Métrologie.

La parole est à M. PÉRARD, qui expose le sujet suivant :

M. Pérard a été conduit à exécuter ces recherches à la suite de l'impossibilité à laquelle il s'est heurté, de retrouver les entiers des ordres d'interférence, dès que la différence de marche dépassait une soixantaine de millimètres. L'auteur avait élargi le procédé de recherche des entiers, indiqué par Michelson; en utilisant 8 à 10 radiations convenablement choisies dans les spectres du mercure et du néon, il est possible de retrouver les entiers des ordres d'interférence sans aucune mesure préliminaire, si l'on connaît seulement, à 1 ou 2 millimètres près, la distance à mesurer; mais, le procédé, qui est fondé sur la fixité et l'exactitude des rapports des longueurs d'onde utilisées, se trouve en défaut dès que ces rapports sont tant soit peu erronés. Le présent travail a consisté dans l'étude de ces rapports au moyen de comparaisons entre les longueurs d'onde de toutes les raies utilisables, et celle de la raie rouge du cadmium, prise comme référence. Ces comparaisons ont été exécutées à l'interféromètre Michelson, et leurs résultats ont conduit à l'établissement de courbes de correction, donnant, pour chaque radiation étudiée, en abscisse la différence de marche, et en ordonnée l'écart, changé de signe, entre l'excédent fractionnaire *observé* de l'ordre d'interférence et celui qui est *calculé* en adoptant comme longueur d'onde approchée, la valeur la plus probable, admise jusque-là pour cette raie.

La règle graphique de Fresnel pour la composition des mouvements périodiques donne une idée des courbes que l'on doit obtenir avec des raies complexes; et inversement, l'allure de la courbe de correction donnée par une raie permet de fixer, à très peu près, sa structure fine, qui est ainsi obtenue comme résultat annexe de cette étude, dont le but reste essentiellement d'ordre métrologique.

Les expériences ont porté sur les cinq raies les plus intenses du mercure (4358, 4916, 5461, 5770, 5791), sur cinq raies choisies parmi celles du néon (5852, 5882, 5945, 6096, 6402), la lampe étant observée tantôt en bout de son tube capillaire, tantôt en travers de ce tube, sur les quatre raies les plus intenses de l'hélium (4471, 5016, 5876, 6678), observées également tantôt en bout, tantôt en travers du tube capillaire, sur les deux raies verte et jaune du krypton (5570, 5871), sur trois raies du xénon (4624, 4671, 4734), sur quatre raies du cadmium dans la lampe Hamy sans électrodes (4662, 5086, 5155, 6438), et sur la raie verte (5086) du cadmium dans la lampe à électrodes, type Michelson. La raie étalon de référence, raie rouge du cadmium de la lampe Michelson, a été également étudiée, tant au point de vue des conditions d'émission les plus favorables, que de l'influence possible de la pression intérieure, du courant d'excitation (variation d'intensité, courant continu ou alternatif) et de la courbe d'absorption des filtres utilisés pour la sélection.

M. PÉRARD montre les graphiques ainsi établis comme résultats des observations de toutes ces raies et analyse les conclusions que l'on en peut tirer (1).

M. le PRÉSIDENT remercie M. PÉRARD de son très intéressant exposé et l'en félicite.

M. VOLTERRA, président du Comité, a la parole au sujet de la définition du Mètre, demandée par la Délégation de la République d'Autriche.

Il donne lecture de la définition suivante adoptée par le Comité :

L'unité de longueur est le Mètre, défini par la distance, à la température de la glace fondante, des axes de deux traits tracés sur la barre de platine iridié déposée au Bureau international des Poids et Mesures, et déclarée prototype du Mètre par la Première Conférence générale des Poids et Mesures, cette règle étant soumise à la pression atmosphérique normale et supportée par deux rouleaux situés symétriquement dans un même plan horizontal et à la distance de 571^{mm} l'un de l'autre.

Commentaires. — L'action de la pression sur la longueur d'une règle en platine iridié se manifeste par un raccourcissement égal à 0,48 millionième pour une atmosphère. Une règle en platine iridié de 1 mètre de longueur et de section uniforme varie, entre la position horizontale définie ci-dessus et la position verticale, de + 0^μ,65 si la règle est suspendue par l'une de ses extrémités, et de - 0^μ,65 si elle est supportée par l'autre.

La longueur d'une règle de 1 mètre en platine iridié de la section adoptée pour les prototypes métriques, mesurée sur sa fibre neutre, diffère, lorsqu'elle est portée comme il est dit ci-dessus, de moins de 0^μ,001, de sa projection horizontale.

Les bords des traits apparaissant, sous un fort grossissement, légèrement irréguliers, on est convenu de ne considérer que leur fraction limitée par les deux traits longitudinaux, dont la position moyenne marque l'axe de la règle. L'axe du trait doit être entendu comme étant la position moyenne de ce trait, observé à l'aide d'un micromètre à réticule, de manière à rendre égales entre elles les deux aires lumineuses comprises entre ce trait et les fils d'araignée du micromètre.

M. MESNAGER demande que le diamètre minimum des rouleaux soit spécifié. Sur la proposition de M. Guillaume, le texte est complété ainsi :

« ... deux rouleaux d'au moins un centimètre de diamètre. »

M. RAUSZER fait observer que la pression devrait être énoncée dans le paragraphe relatif à la température de fusion de la glace. Mais M. Guillaume relève une répétition qui se produirait dans la définition demandée.

On remplace donc le membre de phrase « à la température de la glace fondante », par « à zéro », cette température ayant été déjà définie par la Première

(1) Le détail de cet exposé figure en annexe des *Procès-Verbaux des Séances du Comité international des Poids et Mesures*, 2^e série, t. XII, session de 1927.

Conférence générale. Ainsi modifiée, la définition suivante est adoptée à l'unanimité des votants par États :

Définition du Mètre par le Prototype international.

L'unité de longueur est le Mètre, défini par la distance, à 0°, des axes des deux traits médians tracés sur la barre de platine iridié déposée au Bureau international des Poids et Mesures, et déclarée Prototype du Mètre par la Première Conférence générale des Poids et Mesures, cette règle étant soumise à la pression atmosphérique normale et supportée par deux rouleaux d'au moins un centimètre de diamètre, situés symétriquement dans un même plan horizontal et à la distance de 571^{mm} l'un de l'autre.

L'ordre du jour appelle la communication sur l'étude des étalons en quartz.

M. PÉRARD rappelle que les étalons en quartz dont il s'agit constituent un troisième témoin de l'unité métrique, le deuxième témoin étant donné par les longueurs d'onde lumineuses. Ces étalons ont la forme de prismes droits à section carrée de 25^{mm} de côté, dont les bases, soigneusement travaillées, planes et parallèles, sont normales à l'axe cristallographique; leurs longueurs respectives sont de 10, 20, 30, 40, 50 et 100^{mm}.

Les deux méthodes qui ont servi à les mesurer ont été exposées à la précédente Conférence (1); toutes deux se servent de l'interféromètre Michelson, l'une faisant intervenir l'indice du quartz, qui se trouve accessoirement déterminé avec une très grande précision, l'autre indépendante de cet indice. La particularité de ces méthodes est d'éviter toute argenture des quartz, capable d'altérer les surfaces. La présente communication a pour but de faire connaître les résultats obtenus.

Les expériences se sont étendues sur plusieurs années. Chaque quartz a subi un certain nombre de mesures (7 à 16 par chacune des deux méthodes), assez régulièrement réparties entre 5° et 25°, et permettant ainsi le calcul d'une formule compensatrice, du deuxième degré en fonction de la température, $l_0 = l_0(1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)$. Toutefois, le quartz de 100^{mm} n'a été mesuré que par la deuxième méthode; la première aurait exigé la visibilité des franges à un ordre d'interférence supérieur à 500 000. Pour le quartz de 10^{mm}, qui avait été l'objet d'une étude spéciale au dilatomètre Fizeau entre 0° et 100°, on a admis la formule de dilatation trouvée à ce dernier appareil; la valeur absolue seule a été conservée comme inconnue dans les équations de condition. Pour tous les autres, on a encore retenu, comme coefficient du terme du second degré, le nombre trouvé au dilatomètre Fizeau ($\beta = 8,202 \cdot 10^{-9}$),

(1) *Comptes rendus de la Sixième Conférence générale des Poids et Mesures*, p. 61.

et l'on a gardé seulement comme inconnues la valeur l_0 à 0° et le coefficient α du terme du premier degré. On a été ainsi conduit, comme moyenne des deux méthodes, aux résultats suivants :

$$\begin{aligned} q_{10} &= 9998,795(1 + 7,144\theta \cdot 10^{-6} + 8,202\theta^2 \cdot 10^{-9}), \\ q_{20} &= 19997,451(1 + 7,121\theta \cdot 10^{-6} + 8,202\theta^2 \cdot 10^{-9}), \\ q_{30} &= 29997,465(1 + 7,138\theta \cdot 10^{-6} + 8,202\theta^2 \cdot 10^{-9}), \\ q_{40} &= 39994,167(1 + 7,098\theta \cdot 10^{-6} + 8,202\theta^2 \cdot 10^{-9}), \\ q_{50} &= 49996,889(1 + 7,133\theta \cdot 10^{-6} + 8,202\theta^2 \cdot 10^{-9}), \\ q_{100} &= 99987,915(1 + 7,113\theta \cdot 10^{-6} + 8,202\theta^2 \cdot 10^{-9}). \end{aligned}$$

Les erreurs probables, calculées seulement à titre d'indication, ont été trouvées, pour l_0 , comprises, suivant les quartz, entre $1^{\text{mm}},7$ et $12^{\text{mm}},1$, et pour α entre $0,006$ et $0,018 \cdot 10^{-6}$. La valeur à 0° est, en somme, une valeur extrapolée par rapport aux résultats expérimentaux; vers 15° , milieu de l'intervalle des observations, les erreurs probables s'abaissent entre $1^{\text{mm}},4$ et $4^{\text{mm}},6$. A cette même température, les écarts des résultats des deux méthodes avec les moyennes sont comprises entre 2^{mm} et 7^{mm} . Néanmoins, pour tenir compte des erreurs systématiques, toujours à craindre et au nombre desquelles figure la composition de l'air, qui n'a pu être analysé, il semble prudent d'évaluer à $0^{\text{m}},02$ ou $0^{\text{m}},03$ la précision des résultats, dans tout l'intervalle de température des expériences.

Les résultats ci-dessus ont été obtenus au point central des surfaces terminales. Les régions marginales ont été étudiées par différence avec celles-ci. La photographie des franges d'interférence, produites par chacune des surfaces avec un plan de référence bien connu, a mis en évidence la haute perfection de ces surfaces; et la mesure relative des longueurs, prises en quatre points situés aux angles de chaque quartz, a montré que l'inclinaison la plus forte des faces terminales l'une sur l'autre était de l'ordre d'une demi-seconde sexagésimale.

Indices de réfraction. — Les valeurs des indices données par la première méthode étaient obtenues avec douze radiations, s'étendant assez régulièrement dans tout le spectre visible entre $\lambda = 4340$ et $\lambda = 6438$ UA. Pour le quartz de 100^{mm} , l'impossibilité d'obtenir des interférences visibles à l'ordre de 500000 n'a pas empêché la détermination de l'indice; il a suffi d'emprunter à la deuxième méthode la valeur absolue, que ne pouvait fournir, par elle seule, la première méthode.

L'auteur a reconnu tout d'abord que le coefficient de variation thermique h de cet indice, défini par l'équation $N_\theta = N_0 + h\theta$, pouvait, dans les limites du spectre, être considéré comme une fonction linéaire de l'inverse de la longueur d'onde λ , dans l'air : $h = a + \frac{b}{\lambda}$.

Pour le quartz de 10^{mm}, on a trouvé 10⁶b = 0,887, et pour tous les autres, la valeur commune la plus probable, 10⁶b = 0,582, λ étant exprimé en micron. On a calculé ensuite pour a les valeurs respectives :

$$10^6 \cdot a = \begin{array}{cccccc} q_{10} & q_{20} & q_{30} & q_{40} & q_{50} & q_{100} \\ -7,531 & -6,963 & -6,973 & -6,894 & -6,970 & -6,937 \end{array}$$

Au moyen des divers coefficients h , on a alors ramené à 15° tous les résultats, et calculé, pour chaque quartz, les valeurs les plus probables de l'indice dans chaque couleur.

Pour relier enfin et compenser entre elles les valeurs fournies par un même quartz, on s'est servi de la formule de Mouton et Carvalho, où le terme de moindre importance en λ^4 a pu être supprimé, étant donné l'intervalle relativement restreint du spectre, auquel devait s'appliquer cette formule compensatrice :

$$\frac{1}{N^2} = C\lambda_q^2 + A + B\lambda_q^{-2} + B'\lambda_q^{-4},$$

où N représente l'indice absolu de chaque pièce à 15°, et λ_q la longueur d'onde dans le quartz, exprimée en micron, et calculée *a priori* en admettant une valeur approchée des indices. Les calculs successifs, effectués en vue de la détermination des coefficients, ont montré que l'on pouvait admettre, pour C , B et B' les valeurs communes à tous les quartz :

$$C = +0,00473454, \quad B = -0,0008192569, \quad B' = -0,00000031483,$$

et pour A les valeurs respectives :

$$\begin{array}{ccc} q_{10} & q_{20} & q_{30} \\ -0,42406244 & 0,42406459 & 0,424064790 \\ q_{40} & q_{50} & q_{100} \\ +0,424064342 & 0,424064048 & 0,424065004 \end{array}$$

La précision des indices donnés par cette formule paraît atteindre, dans la région centrale du spectre visible, 0,04 à 0,05.10⁻⁶ pour le quartz de 100^{mm}; pour les autres quartz, elle reste en gros inversement proportionnelle à leur longueur. Toutefois, l'imprécision supplémentaire due à la quantité inconnue de gaz carbonique dans l'air ambiant, doit être évaluée uniformément à 0,1.10⁻⁶.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Pérard de son exposé précis et suggestif.

M. GUILLAUME rappelle que la Conférence de 1913 a décidé de matérialiser un contrôle de la longueur du Mètre dans des étalons en quartz. Le Bureau international possède plusieurs de ces étalons de diverses longueurs qui ont été minutieusement étudiés. On a estimé qu'il était difficile de dépasser 10 centimètres,

et c'est cette longueur qui a été acceptée pour les étalons de contrôle qui pourraient être remis aux États.

M. l'Ambassadeur de France au Brésil a bien voulu envoyer au Bureau de très beaux quartz, qui sont actuellement à la taille, et dont l'étude sera achevée dans quelques mois. Les États qui désirent en recevoir devront le faire connaître au Bureau aussitôt que possible.

M. GAUTIER annonce qu'il a été déposé sur le bureau de la Conférence à la disposition de MM. les délégués :

Deux Mémoires de MM. les délégués japonais; le premier de MM. Noboru Watanabe et Osamu Masaki, intitulé : *Détermination de la longueur de la raie rouge du cadmium en fonction des mètres prototypes n^{os} 10 et 20 de l'alliage du Conservatoire*; le second, de MM. Noboru Watanabe et Monsuke Imaizumi, intitulé : *Étalonnage d'une règle géodésique de 5 mètres en fonction de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium* (1);

Le *Recueil des lois de la République Argentine relatives au Système métrique*, déposé par M. le délégué de ce pays;

Le *Catalogue du Conservatoire des Arts et Métiers*;

Divers numéros de la *Revue de Métrologie*.

Puis M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. BURGESS pour l'exposé de la demande du Bureau of Standards des États-Unis concernant la définition de l'étalon fondamental pour la longueur des ondes lumineuses (2).

Après cet exposé, M. VOLTERRA donne lecture du texte adopté par le Comité, concernant cette définition :

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est recommandé que la Conférence adopte, comme étalon fondamental pour la longueur des ondes lumineuses, la longueur d'onde de la radiation rouge émise par la vapeur de cadmium, déterminée par les expériences de MM. Benoit, Fabry et Perot.

D'après ces expériences, la longueur d'onde de cette radiation est $643,84696 \cdot 10^{-9}$ mètre, lorsque la lumière se propage dans l'air sec à 15° (échelle de l'hydrogène), à la pression de 760^{mm} de mercure, g équivalant à $980,665 \text{ cm/sec}^2$, valeur normale de la pesanteur. La lumière doit être produite par un courant électrique de haute tension, continu ou alternatif, de fréquence industrielle (à l'exclusion de la haute fréquence), dans un tube à vide ayant des électrodes intérieures. La lampe doit avoir un volume ne dépassant pas 25^{cm^3} , et un tube capillaire dont le diamètre ne soit pas inférieur à 2^{mm} ; elle doit être maintenue à une température voisine de 320° , et la valeur du courant qui la traverse ne doit pas excéder

(1) Voir Annexes p. 116 et 120.

(2) Voir Annexes p. 87.

0,02 ampère. A la température ambiante, le tube ne doit pas être lumineux lorsque le circuit à haute tension y est établi.

La valeur du Mètre exprimée d'une façon provisoire en longueur d'onde de la raie rouge du cadmium dans les conditions spécifiées ci-dessus est donc égale à 1553164,13 jusqu'à la précision du dernier chiffre inscrit.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Volterra.

M. TANAKADATE approuve la définition, mais demande que les études soient poursuivies; il recommande que le texte suivant soit pris en considération :

La délégation japonaise approuve pleinement cette proposition, au sujet de laquelle elle a d'ailleurs déjà exprimé un avis analogue lors de la dernière Conférence. Toutefois, en ce qui concerne la prescription de la lampe à cadmium, elle réserve la possibilité d'apporter une modification dans un prochain avenir. Nous pouvons déjà présenter une lampe de construction spéciale, dont l'inventeur est le Professeur Nagaoka.

Dans le laboratoire de M. Nagaoka, il a été constaté que cette lampe fonctionnait à la température ambiante, et produisait des radiations à la fois d'intensité et de pureté très grandes; mais sa durée est relativement brève. Ces faits sont en ce moment même étudiés à Tokyo; les recherches se poursuivent, et nous espérons parvenir à perfectionner cet appareil avant la prochaine Conférence.

M. VOLTERRA est d'avis que cette recommandation peut être jointe à celle de **M. KÖSTERS**, adoptée par le Comité et concernant l'étude de la raie vert-jaune du krypton, dont le texte suit :

Proposition de M. Kösters.

Il est recommandé que la raie vert-jaune du krypton $565^{\text{m}\mu}$, plus fine que la raie rouge du cadmium, soit étudiée dans les laboratoires spécialement outillés dans ce but, afin de préparer sa substitution éventuelle à la raie rouge du cadmium.

La raie du krypton donne, lorsque le tube est maintenu à la température ambiante, des interférences bien visibles jusqu'au delà de 250^{mm} ; et, si le tube est refroidi jusqu'aux limites de température que l'on peut obtenir dans les laboratoires, les interférences sont observables pour une différence de marche d'environ 500^{mm} . Le resserrement de la raie s'effectue symétriquement; et, autant qu'on ait pu le constater, elle est dépourvue de satellites.

M. SEARS fait observer que la définition en angströms peut menacer le Système métrique, et qu'elle ne peut être que provisoire.

M. GUILLAUME fait remarquer qu'il ne s'agit pas ici de donner une relation vraie entre le Mètre et les longueurs d'onde, mais seulement une valeur métrique actuelle de ces dernières, qui pourra être modifiée par les expériences à venir.

La définition et les deux recommandations sont adoptées à l'unanimité des votants.

M. le PRÉSIDENT invite la Conférence à se rendre dans le caveau de l'Observatoire du Pavillon de Breteuil pour la visite du dépôt des Prototypes métriques internationaux.

Il est dressé de la visite le procès-verbal suivant :

Procès-verbal de la visite du Dépôt des Prototypes.

Le 30 septembre, à 16^h30^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.

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.....	13,4 ^o
» maxima.....	15,0
» minima.....	12,0
Hygromètre à cheveu.....	100

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.

A la rentrée des délégués, il est donné lecture de ce procès-verbal, qui est adopté.

La prochaine séance est fixée au mardi 4 octobre, à 15^h au Pavillon de Breteuil.

La séance est levée à 17^h40^m.



QUATRIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE MARDI 4 OCTOBRE 1927.

Présidence de **M. G. BIGOURDAN**,
Ancien Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Sont présents :

A. *Les Délégués* : MM. DE BODOLA, BOCHKOVITCH, BURGESS, CHATELAIN, DOBROKHOTOV, DUNANT, FURTH, le comte DE GAIFFIER D'HESTROY, DA GAMA OCHŌA, GARBASSO, GAUTIER, DE GHYCZY, JANET, JOHANSEN, KARGATCHIN, KONOVALOV, KÖSTERS, MESNAGER, MIYAKOSHI, OHASHI, RAUSZER, ROLLINO, le comte SAURMA, SEARS, SERRANO, STRATTON, SVOBODA, TANAKADATE, le prince VIPULYA, VOLTERRA, WALLROTH, WATANABE, WUORIMAA.

B. *Le Directeur du Bureau international* : M. GUILLAUME.

C. *Les invités* : MM. BLONDIN, CELLERIER, MAUDET, PÉRARD, ROUX, VOLET.

La séance est ouverte à 15^h.

Le compte rendu de la troisième séance est lu et adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à M. de Gaiffier d'Hestroy, ambassadeur et délégué de la Belgique, qui n'a pu assister aux précédentes séances.

M. GUILLAUME, à propos des travaux mentionnés au compte rendu de la troisième séance, ajoute que les premières déterminations des savants japonais, par la méthode qu'ils ont employée, et qui est à peu près celle de MM. Benoît, Fabry et Perot, confirment sensiblement les nombres donnés par ces derniers, pour la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium.

Il fait savoir, d'autre part, que, selon le devis du constructeur, M. Jobin, chacun des étalons de quartz reviendra à 4000^{fr} environ.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion des propositions du Bureau of Standards, et tout d'abord de celle qui concerne les étalons à bouts.

M. VOLTERRA, président du Comité, rappelle les travaux de la Commission, puis du Comité, auquel ont pris part MM. Burgess, Garbasso et Sears, délégués à la Conférence.

La question a déjà fait l'objet de discussions au cours de la Sixième Conférence; elle s'est modifiée depuis lors, ainsi qu'on s'en est rendu compte au cours des débats assez longs qui ont occupé la présente session du Comité. Il n'a pas été possible d'arriver à un avis unanime, de telle sorte que le Comité a pris la résolution suivante :

Le Comité nommera une Commission de cinq membres qui étudiera cette question. Cette Commission devra présenter son rapport avant le 1^{er} mars 1929.

Ce texte est adopté à l'unanimité.

Les propositions n° 4 et n° 5 du Bureau of Standards ne donnent lieu à aucun commentaire nouveau de la part du Comité; la première, parce que le Bureau fera le nécessaire; la seconde, parce qu'elle a déjà fait l'objet d'une décision prise à l'unanimité par la Conférence dans sa séance du 28 septembre.

L'ordre du jour appelle ensuite la discussion concernant l'échelle absolue des températures.

M. VOLTERRA, président du Comité, expose l'importance de la question, qui a été longuement étudiée par le Comité et les experts.

Le Bureau of Standards a préparé un Mémoire destiné à être présenté à la Conférence. Ce Mémoire a été appuyé depuis lors par les spécialistes du National Physical Laboratory et de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Les représentants de ces trois Instituts déposent un nouveau Mémoire, où il a été tenu compte des remarques de M. Keesom, directeur du Laboratoire Cryogène de Leyde. Le Comité, après avoir pris connaissance de ce Mémoire et des propositions qui le résument, présente à la Conférence la proposition suivante :

Le Comité, reconnaissant l'importance pratique de la représentation d'une échelle thermométrique internationale, recommande à la Conférence d'accepter, à titre provisoire, les repères de température, les formules d'interpolation et les méthodes de mesure proposés d'un commun accord par les trois laboratoires nationaux d'Allemagne, des États-Unis d'Amérique et de Grande-Bretagne.

Le Comité recommande aussi que le texte annexé soit maintenu à l'étude dans le programme des Conférences spéciales de Thermométrie qui seront tenues sous ses auspices.

M. GUILLAUME fait un exposé historique de la mesure des températures. Les premiers thermomètres construits par Galilée étaient des thermomètres à air, auxquels se substituèrent bientôt les thermomètres à alcool ou à huile de lin. Fahrenheit imagina de faire servir le mercure comme corps thermométrique. Ces divers thermomètres ne donnant pas des indications concordantes, Gay-Lussac revint au thermomètre à gaz, parce que, suivant ses déterminations, les divers gaz possédaient la même dilatabilité; en plus, la loi de Mariotte n'avait pas encore été mise en défaut, de telle sorte que la définition adoptée par lui prenait un caractère de grande généralité. Regnault se servit du thermomètre à air, pour lequel les différences avec le thermomètre à hydrogène étaient au-dessous de toute quantité alors déterminable. Puis le Bureau international s'occupa de l'échelle des températures, et Chappuis put mettre nettement en évidence une différence maxima de près de 0,01 degré entre le thermomètre à hydrogène et le thermomètre à azote, sous la pression initiale de 1^m de mercure, dans l'intervalle 0°-100°. Aussi le Comité sanctionna, dès l'année 1887, l'échelle du thermomètre à hydrogène, qui s'est appelée depuis lors *l'échelle normale des températures*. Cette échelle était arbitraire, mais elle était fondée sur la dilatation ou les variations de pression du gaz le plus parfait connu à cette époque; elle devait donc être très voisine de l'échelle thermodynamique.

M. GUILLAUME rappelle ensuite que Daniel Berthelot a donné une nouvelle impulsion à l'étude des méthodes permettant de réduire à l'échelle absolue les indications d'un thermomètre à gaz.

Son Mémoire (1) marque un grand progrès par rapport aux calculs de Thomson, de Jochmann et de Weinstein. D'après Berthelot, ainsi que d'après Callendar, Rose Innes et Buckingham, l'échelle de l'hydrogène ne diffère de l'échelle absolue, entre 0° et 100°, que de 0,000 5 degré au maximum.

Quand la question fut posée à nouveau, M. Guillaume s'adressa à M. W.-H. Keesom, directeur du Laboratoire Cryogène de Leyde, qui, voulant profiter des dernières déterminations des constantes des gaz, ne put remettre qu'en 1926 son Mémoire, rédigé avec la collaboration de M. W. Tuyn. L'impression, fort longue et laborieuse, ne fut terminée qu'en août de cette année. Il n'était plus possible alors de convoquer une Conférence thermométrique avant la Conférence générale. Cette Conférence, à laquelle devront être soumises les questions relevant de la mesure des températures, se tiendra l'an prochain.

(1) Daniel BERTHELOT, *Sur les thermomètres à gaz et sur la réduction de leurs indications à l'échelle absolue des températures (Travaux et Mémoires, t. XIII, 1907).*

D'après MM. Keesom et Tuyn, la différence maxima entre le thermomètre à hydrogène et l'échelle thermodynamique atteint 0,002 degré entre 0° et 100°; l'hélium, étant un gaz plus parfait, ne donne qu'un écart de 0,001 degré. Mais, surtout, l'hélium permet d'atteindre des températures extrêmement basses, descendant jusqu'à 1 degré environ du zéro absolu.

Lorsque le Mémoire en question aura été mûrement discuté, l'échelle thermodynamique sera fixée mieux qu'on ne pourrait le faire aujourd'hui.

Mais les grands laboratoires nationaux ayant déclaré urgente, au point de vue pratique, l'adoption d'une échelle unique, le Comité et les experts ont cru devoir adopter à titre provisoire la proposition concernant cette échelle.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Guillaume et donne la parole à M. Burgess.

M. BURGESS rappelle que, dès 1911, les grands laboratoires nationaux d'Allemagne, des États-Unis et de Grande-Bretagne ont admis la nécessité d'une échelle pratique unique. En 1913, à Londres, les représentants de ces laboratoires, après avoir pris l'avis du Laboratoire de Leyde pour les basses températures, adoptèrent un texte commun, qui résulte d'un compromis, c'est-à-dire une moyenne entre les nombres qui paraissaient les plus exacts.

L'échelle unique provisoire ne remplace pas l'échelle thermodynamique, mais elle permet d'attendre que les expériences destinées à la faire mieux connaître soient achevées pour l'époque actuelle.

L'adoption de cette échelle facilitera grandement les travaux de la Conférence thermométrique prévue pour l'année prochaine, laquelle aura ainsi un texte précis devant elle.

Il semble qu'au point de vue scientifique, aussi bien qu'au point de vue pratique, ce soit un grand progrès que d'avoir enfin une échelle unique.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Burgess.

Les propositions du Comité sont adoptées à l'unanimité.

L'ordre du jour appelle ensuite la discussion de l'attribution au Bureau international de l'étude des étalons électriques.

M. VOLTERRA, président du Comité, expose les études et discussions auxquelles cette question a donné lieu. Il rappelle qu'un rapport de la Délégation britannique demande qu'un comité de techniciens étudie la question des unités et des étalons électriques. Le Comité consultatif d'Électricité, dont il va être parlé, émane en quelque sorte de cette proposition.

Le Comité international, après une étude préliminaire du *Memorandum de la délégation britannique* et des *Recommandations soumises au nom du Bureau*

of Standards des États-Unis d'Amérique, avait transmis l'examen détaillé de ces documents à une réunion scientifique composée de MM. Kösters, Stratton et Tanakadate, du Comité international, Burgess, directeur du Bureau of Standards, Paul Janet, directeur du Laboratoire central d'Électricité à Paris, Sears junior, conservateur des Poids et Mesures à Londres, et Guillaume, directeur du Bureau international.

Dans une réunion officieuse tenue à Paris le 27 septembre, ils ont élaboré le projet suivant, présenté au Comité le 29 septembre, par M. Janet, et adopté à l'unanimité :

Le Comité international des Poids et Mesures approuve l'organisation d'un Comité consultatif d'Électricité ayant pour objet de conseiller le Comité international des Poids et Mesures sur les questions relatives aux systèmes de mesure et aux étalons électriques.

Ce Comité consultatif sera limité à 10 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 d'Électricité sera pris parmi les membres du Comité international et désigné par lui.

Les Mémoires présentés par la Délégation britannique et par la Délégation des États-Unis sont renvoyés à l'examen du Comité consultatif d'Électricité.

Un rapport sur ce sujet devra être présenté au plus tard le 1^{er} mars 1929.

Ces propositions sont adoptées à l'unanimité.

M. GUILLAUME indique que, dans l'impossibilité où le Bureau était d'effectuer lui-même des comparaisons, faute des appareils nécessaires, le Président du Comité international a pris, en mars dernier, suivant une recommandation d'experts britanniques, l'initiative d'engager les laboratoires de Londres, de Washington, de Tokyo, de Berlin et de Paris, à entreprendre un échange systématique d'étalons de résistance et de force électromotrice, et à les comparer entre eux. Les résultats de ces observations sont donnés ci-après. Ils comprennent ceux des comparaisons effectuées à Washington entre les étalons de la Chambre Centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S. et ceux du Bureau of Standards.

M. VOLET, chargé de les rassembler, en fait l'exposé suivant :

Diverses circonstances, parmi lesquelles il faut mentionner la récente transformation du Laboratoire Central d'Électricité à Paris, n'ont pas permis, dans l'intervalle de temps trop court dont on disposait, de recevoir les réponses de tous les laboratoires nationaux participant à ce travail. Jusqu'à ce jour, des rapports nous ont été remis par le Bureau of Standards, le National Physical Laboratory et le Laboratoire électrotechnique de Tokyo

Les deux premiers de ces laboratoires ayant effectué, indépendamment, des déterminations sur une même série d'éléments étalons et de bobines de résistance, nous pouvons déjà faire une synthèse intéressante des résultats.

Éléments étalons.

Numéros et provenances.	Déterminations à 28°		ε.
	N. P. L.	B. of S.	
2513 N. P. L.	1,017888	1,017897	+ 9.10 ⁻⁶
2531 N. P. L.	1,017887	1,017896	+ 9
2532 N. P. L.	1,017888	1,017898	+10
2533 N. P. L.	1,017888	1,017897	+ 9
441 B. of S.	1,017886	1,017885	- 1
490 B. of S.	1,017885	1,017896	+11

Résistances.

Numéros et provenances.	Valeurs à 25° d'après :		ε.
	N. P. L.	B. of S.	
1202 N. P. L.	1,000163	1,000184	+21.10 ⁻⁶
1204 N. P. L.	1,000096	1,000114	+18

Le rapport du Bureau of Standards donne également les valeurs trouvées à Washington pour les éléments et bobines envoyés par ce Laboratoire au Japon. Ces valeurs sont les suivantes :

Éléments étalons.

Numéros.	Force électromotrice à 20°.
110.....	1,018299
111.....	1,018294
W 46.....	1,018238
560.....	1,018305

De même le National Physical Laboratory a fait connaître les résultats obtenus par lui sur six éléments Weston appartenant à la Chambre Centrale des Poids et Mesures de F. U. R. S. S.

Ces résultats sont :

Numéros des éléments.	Valeurs en volts internationaux	
	à 15°.	à 20°.
111-I.....	1,018526	1,018371
111-II.....	1,018566	1,018372
103-I.....	1,018475	1,018322
103-II.....	1,018481	1,018330
137-I.....	1,018448	1,018304
137-II.....	1,018461	1,018315

De son côté le Laboratoire électrotechnique de Tokyo a envoyé des étalons à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt à Berlin.

M. Volet rend compte en outre de comparaisons faites par M. M. Chatelain, qui a comparé deux éléments Weston préparés à la Chambre Centrale des Poids et Mesures à

Leningrad, avec les étalons du Bureau of Standards et ceux du Laboratoire Central d'Électricité à Paris. Le changement de ces deux étalons, après un voyage d'environ 20000^{km}, n'a été que de $15 \cdot 10^{-6}$. Ces mesures ont permis de comparer les étalons de la Chambre Centrale avec ceux du Bureau of Standards. On a observé ainsi une différence de $56 \cdot 10^{-6}$, l'étalon de la Chambre Centrale étant plus petit que celui du Bureau of Standards.

En attendant que ces premiers résultats des comparaisons internationales soient complétés par les rapports d'autres Laboratoires, on peut déjà relever que, malgré tous les soins apportés à ces mesures, de petits écarts, qui paraissent systématiques, subsistent entre les déterminations faites par les différents Instituts nationaux.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Volet; il invite ensuite les délégués à poursuivre la discussion.

M. SEARS, à propos de la même question, rappelle que, selon l'article 7 de la Convention du Mètre, « lorsque la Conférence générale en aura décidé par un vote unanime, le Bureau pourra être chargé de l'établissement et de la conservation des étalons des unités électriques et de leurs témoins, ainsi que de la comparaison, avec ces étalons, des étalons nationaux ou d'autres étalons de précision ». Il pense qu'il n'y a pas lieu d'ajourner à la prochaine Conférence les pouvoirs du Bureau; que les travaux des techniciens seront certainement terminés bien avant six ans, et qu'il y aura alors tout avantage à mettre en application cette disposition.

M. le PRÉSIDENT du Comité demande une courte suspension de séance pour l'établissement d'un texte.

A la reprise de la séance, M. le SECRÉTAIRE donne lecture du texte suivant :

La Septième Conférence générale décide de donner pleins pouvoirs au Comité international des Poids et Mesures, après qu'il aura pris connaissance du rapport du Comité consultatif d'Électricité, pour passer à l'exécution des stipulations de l'article 7 de la Convention de 1921.

Le vote par État est décidé, puis le texte adopté à l'unanimité des États représentés.

L'ordre du jour appelle encore la discussion concernant la dotation du Bureau international.

M. VOLTERRA, au nom du Comité, donne lecture du texte relatif à cette question, et qui figure au programme provisoire de la Conférence (voir p. 11).

Dotation du Bureau international. — La Sixième Conférence générale, prenant en considération la dépréciation du franc français, avait adapté la dotation du Bureau aux nouvelles circonstances. A la fin de 1921, les changes semblant devoir se stabiliser, la Conférence avait voulu assurer l'existence du Bureau dans les mêmes conditions qu'en 1914; elle avait, en conséquence, fixé la dotation à 250 000 francs français, en prévoyant que le Comité

pourrait, par un vote unanime, la porter à 300 000 francs français. Mais, dès l'année 1925, la dépréciation du franc avait réduit les ressources du Bureau à un niveau tel que son existence devenait très critique.

Dans sa dernière session, le Comité décida à l'unanimité que la dotation annuelle serait fixée à 300 000 francs français, somme encore insuffisante pour assurer tous les services du Bureau. En même temps, afin de stabiliser cette dotation, le Comité résolut de soumettre à la Septième Conférence générale une motion tendant à fixer en francs-or les ressources, ainsi que le budget du Bureau.

La dotation telle qu'elle avait été arrêtée par un vote de la Sixième Conférence étant basée sur la valeur de la devise française, par rapport au franc-or à l'époque de sa réunion, savoir à très peu près 0,50, le Comité a estimé que l'on demeurerait dans les intentions de la Conférence en proposant d'interpréter comme suit la première phrase du deuxième alinéa de l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre : « La partie fixe est, en principe, de 125 000 francs-or, mais peut être portée à 150 000 francs-or par décision unanime du Comité. »

Depuis l'époque où le Comité s'est réuni, la devise française a subi des variations étendues, qui ont eu pour conséquence une élévation considérable du coût de la vie. En considération du déséquilibre entre les ressources du Bureau et ses dépenses obligatoires, le Gouvernement français a pris, en novembre 1926, la bienveillante initiative de hâter la décision prévue comme devant être prise par la Septième Conférence générale ; en conséquence, il a proposé à tous les États contractants de fixer, dès l'année 1927, la dotation à 150 000 francs-or.

Cette somme suffira aux besoins du Bureau, et, à supposer que les prix en France restent à peu près ce qu'ils sont aujourd'hui, lui permettra d'envisager la création d'une section des unités électriques.

Le délégué du Japon annonce qu'il n'a pas de pleins pouvoirs et ne peut voter, bien que son Gouvernement ait déjà payé en francs-or pour l'année 1927 (1).

M. ROLLINO rappelle que le Gouvernement de l'Argentine a versé au prorata de 150 000 francs-or et n'a fait aucune réserve pour les années prochaines.

M. DUNANT signale qu'il en est de même pour la Suisse.

(1) Le Directeur du Bureau a reçu, de l'Ambassade du Japon, la lettre suivante :

Paris, le 23 janvier 1928.

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

Le 4 octobre 1927, lors de la VII^e Conférence générale des Poids et Mesures, le délégué japonais avait émis un vote d'abstention sur la dotation du Bureau international, mesure tendant à fixer en francs-or les ressources ainsi que le budget dudit Bureau.

J'ai l'honneur de vous faire connaître, conformément aux instructions du Gouvernement japonais, que le Japon entend se soustraire à l'abstention préalablement formulée, et approuve à présent la décision prise à ce sujet par la Conférence générale, étant entendu toutefois que pareille décision ne comportera aucun changement au texte verbal de la première phrase du deuxième alinéa de l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre.

Veillez agréer, etc.

Le Chargé d'Affaires du Japon :

Signé : H. KAWAL.

Le vote par État est obligatoire.

Après les remarques de MM. Sears et Garbasso et les explications de M. Volterra, la proposition du Comité, c'est-à-dire : « La partie fixe de la dotation annuelle du Bureau est en principe de 125 000 francs-or, mais peut être portée à 150 000 francs-or par décision unanime du Comité », est soumise à l'approbation de la Conférence.

Cette proposition est votée à l'unanimité des États représentés, le Japon s'étant abstenu pour une question de forme.

Ont voté *oui* :

Allemagne.	Finlande.	Portugal.
Argentine.	France.	Serbie.
Autriche.	Grande-Bretagne.	Siam.
Belgique.	Hongrie.	Suède.
Canada.	Italie.	Suisse.
Danemark.	Mexique.	Tchécoslovaquie.
États-Unis d'Amérique.	Pologne.	U. R. S. S.

M. le PRÉSIDENT rappelle à MM. les Membres de la Conférence les invitations de l'Institut d'Optique et du Bureau international de l'heure. Il rappelle aussi que la cérémonie du Cinquantenaire se déroulera le 5 octobre à 15^h, sur l'invitation de l'Académie des Sciences, dans la salle de ses réunions hebdomadaires.

La prochaine séance de la Conférence est fixée au jeudi 6 octobre, à 15^h, au Pavillon de Breteuil.

La séance est levée à 17^h 30^m.



CINQUIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE JEUDI 6 OCTOBRE 1927.

Présidence de **M. G. BIGOURDAN,**

Ancien Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Sont présents :

- A. *Les délégués* : MM. DE BODOLA, BOCHKOVITCH, BURGESS, CHATELAIN, DOBKROKHOV, DUNANT, FURTH, DA GAMA OCHÔA, DE GHYCZY, JOHANSEN, KARGATCHIN, KONOVALOV, KÖSTERS, MESNAGER, MIYAKOSHI, OHASHI, RAUSZER, ROLLINO, le comte SAURMA, SEARS, SERRANO, STRATTON, SVOBODA, TANAKADATE, le prince VIPULYA, VOLTERRA, WALLROTH, WATANABE, WUORIMAA.
- B. *Le directeur du Bureau international* : M. GUILLAUME.
- C. *Les invités* : MM. MAUDET, PÉRARD, ROUX, VOLET.

La séance est ouverte à 15^h.

M. le PRÉSIDENT annonce que, M. Gautier étant malade, il sera remplacé pour la lecture du compte rendu de la séance précédente, par son fils, M. Max Gautier.

Le compte rendu de la séance du 4 octobre est lu et adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Max Gautier et le prie de vouloir bien présenter à son éminent père, de la part de toute la Conférence, les souhaits les plus cordiaux de prompt rétablissement.

M. VOLTERRA, président du Comité, propose que M. de Bodola remplisse les fonctions de secrétaire intérimaire de la Conférence.

M. DE BODOLA est élu par acclamation. Il remercie ses collègues de cette marque de confiance.

M. le PRÉSIDENT donne lecture de la lettre d'excuses de S. E. l'Ambassadeur de Belgique, retenu au dehors par les devoirs de sa charge.

L'ordre du jour appelle la discussion des questions 12 et 13 (Législations, Exposé des progrès du Système métrique).

M. GUILLAUME présente cet exposé :

États-Unis. — La campagne en faveur du Système métrique se poursuit très activement aux États-Unis sous l'inspiration de la Metric Association. Le rapport sur les *Récents Progrès du Système métrique*, publié en 1921, a donné le texte du projet de loi rédigé par M. F.-A. Britten. Dans le but de répondre aux objections et de faciliter l'adoption d'un bill métrique, M. Britten a simplifié considérablement son projet; voici le texte de celui qu'il a déposé récemment sur le bureau de la Chambre des Représentants, tandis que M. Frederick-H. Gillett le soumettait au Sénat :

« Considérant que la Constitution des États-Unis stipule, section 8, paragraphe 5, que le Congrès a le pouvoir de fixer les étalons des poids et mesures,

» Considérant qu'il existe actuellement un manque d'uniformité dans les poids et mesures des États-Unis,

» Considérant que ces mesures ne sont pas les mêmes que celles des autres nations du monde,

» Qu'en conséquence, il soit décidé par la Chambre des Représentants et le Sénat réunis en Congrès,

» Que le Département du Commerce des États-Unis soit autorisé à établir comme unités de quantités de marchandises pour l'usage général du commerce, après 1935, un *yard* équivalant à un *mètre*, un *quart* équivalant à un *litre*, un *pound* équivalant à 500 grammes, ces unités étant divisées décimalement. »

La propagande aux États-Unis est fondée, en effet, sur l'idée d'appeler le mètre *world yard*, le litre *world quart*, et l'unité équivalant à 500 grammes le *world pound*. On pense qu'il en résulterait une plus grande facilité pour l'adoption du Système métrique.

Au cours de la session du Congrès de 1926, de nombreux témoignages ont été entendus par la Chambre des Représentants. Ils sont consignés dans un volumineux fascicule. Parmi les corps ou organismes qui ont demandé l'adoption du Système métrique décimal des poids et mesures, nous citerons les États de l'Illinois, de Californie, du Tennessee, du North Dakota et de l'Utah, dont les législatures ont émis des vœux officiels; la National Academy of Sciences, la Ville de Chicago, 122 chambres de commerce, l'American Institute of Chemical Engineers, l'American Institute of Electrical Engineers, le National Institute of Mining and Metallurgical Engineers, le National Institute of Architects, et près de cinq cents associations diverses dont certaines comptent des centaines de mille membres, telles les Mothers and Parent-teachers' Associations, qui en accusent 600 000.

M. Aubrey Drury, dans une intéressante brochure de propagande publiée en 1926, évalue

à plus de 16 000 le nombre de pétitions en faveur du Système métrique, émanant de manufacturiers ou d'ingénieurs, et à plus de 100 000 le chiffre total des pétitions soumises au Congrès depuis le dépôt du projet Britten.

A la suite de cet exposé, M. GUILLAUME donne lecture des deux motions suivantes parvenues au Comité avant la Conférence :

« La République Argentine demande que le Bureau International use de son influence auprès des Gouvernements anglais et américain pour que dans les transactions des produits de l'agriculture et de l'élevage, dans leurs grands marchés qui servent de témoins pour les autres pays producteurs, comme Londres, Liverpool, Winnipeg et Chicago, ils adoptent le système international d'unités, afin de faciliter les relations commerciales, en simplifiant les calculs de comparaison, entre les différents marchés sur lesquels s'exerce la concurrence universelle. »

« Le Gouvernement mexicain demande que le Bureau international use de son influence auprès des Gouvernements américain et anglais pour que leurs nations adoptent le système international d'unités, spécialement dans les transactions avec les autres pays, ce qui donnera une nouvelle impulsion au resserrement des relations commerciales avec ces pays. »

M. RAUSZER appuie les propositions du Mexique et de la République Argentine concernant l'unification des poids et mesures; il pense que cette unification serait spécialement utile dans les échanges internationaux.

M. GUILLAUME se demande s'il est utile et prudent de recommander cette unification à de grands pays qui comptent de nombreux partisans du Système métrique, lesquels poursuivent chez eux une ardente campagne de propagande.

M. ROLLINO pense qu'il serait bien nécessaire que les prix des grands produits témoins, sur les marchés mondiaux, soient au moins cotés selon le Système métrique, en regard des prix, poids et mesures n'appartenant pas à ce Système.

M. le PRÉSIDENT croit qu'on peut recommander ces vœux aux Gouvernements intéressés et soumet la proposition à la Conférence.

Le vote a lieu à mains levées.

M. Burgess ayant déclaré voter contre, et M. Sears s'abstenir, la proposition est adoptée à l'unanimité des autres membres présents.

M. GUILLAUME continue son exposé :

Maroc. — Un Dahir du 16 moharrem 1342 (29 août 1923) a institué l'usage du Système métrique dans la zone française de l'Empire Chérifien.

Voici les deux premiers articles de ce Dahir :

« ARTICLE 1. — A partir de la date de promulgation du présent Dahir, le système décimal des poids et mesures, dit Système métrique, sera seul légal dans la zone française de l'Empire Chérifien.

» **ARTICLE 2.** — Toutefois, le Système métrique ne sera appliqué jusqu'à nouvel ordre qu'en ce qui concerne les poids, les mesures de longueur et les mesures de volume. »

L'article 3 prévoit que l'application obligatoire du Système ne sera imposée aux populations que par des arrêtés, qui seront promulgués au fur et à mesure que les circonstances le permettront.

L'article 4 spécifie qu'à titre provisoire, les mesures agraires et les mesures de solidité actuellement en usage dans l'Empire Chérifien continueront à être valablement employées.

Siam. — Dans le rapport sur les *Récents Progrès du Système métrique*, 1907, j'ai donné quelques renseignements concernant les progrès de la réforme dans ce pays. En particulier, une révision partielle avait légalisé le *wah* à la valeur exacte de 2 mètres, le *tanan*, qui était à l'origine le creux d'une demi-noix de coco, avait été arrêté à 0,92 litre, et l'on en envisageait la fixation à la valeur exacte de 1 litre.

Le *tchang*, grande unité de masse, était fixé à 1200 grammes.

Un progrès décisif vient d'être accompli. Le Système métrique a été introduit définitivement par la Loi du 17 décembre 1923 ⁽¹⁾.

Voici le préambule de cette loi :

« Sur l'ordre de Sa très excellente Majesté le Roi.

» Considérant qu'il n'existe actuellement aucun système uniforme légalisé de Poids et Mesures dans le Royaume;

» Qu'il est désirable d'en introduire un;

» Qu'il est convenable que le Système des Poids et Mesures du Royaume soit conforme à celui des autres pays, autant que cela est compatible avec les besoins intérieurs du pays;

» Considérant que le Système métrique paraît maintenant largement employé:

» Considérant que Sa Majesté le Roi se plaît à ordonner que le Système légalisé des Poids et Mesures du Siam soit le Système métrique, avec un certain nombre d'unités vulgaires adaptées à ce Système, afin de faire face aux exigences aussi longtemps que l'usage de ces dernières mesures sera reconnu nécessaire, il est décidé... »

(Suit le texte de la Loi, qui s'appellera « Loi des Poids et Mesures B E 2466 ».)

La Section 3 spécifie que la Loi entrera en exécution douze mois après la date de sa publication dans la *Gazette du Gouvernement*.

La Section 4 prévoit qu'il devra s'écouler une période d'au moins cinq années après la publication du décret royal, avant que le Système métrique soit déclaré obligatoire dans le Royaume ou dans telles ou telles parties du Royaume pouvant être indiquées à des dates déterminées. Une fois rendus ces décrets, tout autre système de poids et mesures sera illégal et ne pourra être toléré qu'exceptionnellement par le Ministre pour des besoins purement professionnels ou scientifiques.

La Section 6 institue un Bureau central des Poids et Mesures.

Le Titre II de la loi donne la liste des unités « métriques » et d'usage.

Pour les longueurs, ces dernières sont le *sen* (10 mètres), le *wah* (2 mètres), le *sauk* (un demi-mètre), et le *keup* (un quart de mètre).

⁽¹⁾ Elle est dénommée, conformément à l'usage Siamois qui fait dater les années de la naissance de Çakya Mouni (543 ans avant notre ère) Loi des Poids et Mesures B. E. 2466.

Pour les surfaces, le *rai* (1600^{m²}), le *ngan* (400^{m²}), le carré *wah* (4^{m²}).

Pour les masses, le *picul* étalon (60^{kg}), le *catty* étalon (600^g), et le *carat* étalon (20^{mg}). (Cette dernière mesure de poids portera le nom de *carat métrique* et ne sera employée que pour les pierres précieuses.)

Pour les capacités, le *kwien* étalon (2000 litres), le *ban* étalon (1000 litres), le *sat* étalon (20 litres), et le *tanan* étalon (1 litre).

Perse. — L'adoption du Système métrique en Perse a été communiquée au Bureau par une lettre de M. le Ministre des Affaires étrangères de France, en date du 26 février 1924. Voici la teneur de cette lettre :

« Le Gouvernement persan vient d'ordonner l'unification des poids et mesures dans toute la Perse et d'adopter le Système métrique.

» Les assimilations suivantes ont été faites :

un *ralte* = un litre.
un *zar* = un mètre,
un *dram* = un gramme.

» Ces mesures auront leurs multiples et sous-multiples, et des ordres ont été donnés pour commencer immédiatement la fabrication des mesures-types sur lesquelles seront copiées celles destinées aux usages publics après approbation du Parlement. »

Afghanistan. — L'introduction du Système métrique en Afghanistan nous a été également communiquée par une lettre de M. le Ministre des Affaires étrangères, en date du 30 avril 1926, nous informant que, à partir du jour de l'an 1305 (21 janvier 1926), la loi instituant le Système métrique obligatoire dans tout le Royaume avait été promulguée le 14 mars. Cette loi contient en particulier les dispositions suivantes :

Pour les mesures de longueur, l'usage du *guez du roi*, du *guez des champs*, du *guez du charpentier* est supprimé. Le mètre seul est autorisé, avec ses multiples pour lesquels on a utilisé les noms de nombre de la langue pouchtou, d'où la dénomination : *lasémètre* (décamètre), *salémètre* (hectomètre), *zarémètre* (kilomètre), *lasézarémètre* (myriamètre).

De même, pour les unités de masse, le *pois chiche*, le *misgal*, le *khurd*, la *livre*, le *tsharek*, le *ser* et le *kharwar* sont abolis. Le gramme et ses multiples (laségramme, etc.) seront dorénavant seuls employés.

En ce qui concerne les monnaies, la *roupie kaboulie* est supprimée et remplacée par l'*afghani* qui aura la valeur d'un franc-or.

Un règlement donne le détail des dispositions à prendre pour la distribution à la population des nouveaux poids et mesures, pour leur fabrication, pour leur estampillage par le Gouvernement et pour leur contrôle.

La loi prévoit enfin un délai de trois ans pour l'application générale du Système métrique obligatoire sur tout le territoire et fixe la date du 21 mars 1929 pour la démonétisation de la roupie kaboulie.

La lettre ajoute : « Il n'est pas inutile de remarquer que cette réforme qui va modifier profondément l'économie générale du pays est due pour beaucoup aux efforts de persuasion déployés par le Directeur et les Professeurs de l'École française de Kaboul. »

Japon. — La réforme prévue dans la loi du 11 avril 1921 est entrée en vigueur le 1^{er} juillet 1924, à la suite d'une ordonnance impériale du 15 mai de ladite année.

« Le délai de cinq ans imparti aux administrations, bureaux, offices, établissements publics, usines et industries importantes, pour opérer la transformation de leur système de mensuration, a été porté à dix années au maximum. Passé ce délai, l'usage des anciennes mesures entraînera des pénalités déjà prévues par la loi.

» Les ministères de la guerre et de la marine japonais avaient déjà adopté le Système métrique ; les chantiers de construction de navires de commerce en ont fait autant, malgré la dépense considérable entraînée par l'abandon des mesures britanniques.

» Dans les écoles primaires d'autre part, et ceci est de toute première importance, l'enseignement du Système métrique est obligatoire depuis le mois d'avril 1924, et les mesures anciennes dont leurs parents continuent à se servir, ne sont enseignées aux élèves, accessoirement, qu'à titre de renseignement. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Guillaume de son exposé aussi complet que lumineux.

M. ДОВРОКHOТОВ donne lecture de deux rapports : le premier intitulé *Introduction du Système métrique dans l'U. R. S. S.*, et le second *Législation sur les poids et mesures de l'U. R. S. S. pendant les années 1921-1927.*

Introduction du Système métrique dans l'U. R. S. S.

En 1869, l'illustre savant Jacobi proposa à l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg de porter sur le terrain officiel la convocation d'une Commission internationale des poids et mesures. Cette initiative eut comme suite la conclusion de la Convention du Mètre et la création du Bureau international des Poids et Mesures.

Dès ce moment, l'introduction du Système métrique fut envisagée en Russie. La Société Technique russe, qui prit l'intérêt le plus actif à la propagande du Système, publia, en 1876, un an après la conclusion de la Convention du Mètre, un projet de loi concernant l'introduction des mesures métriques en Russie. Ce projet fut soutenu chaleureusement par plusieurs Institutions et Sociétés, comme l'Académie des Sciences, le Congrès des Chemins de fer, la Société agricole, etc. Le Système métrique pénétra ainsi dans la pratique des institutions sans attendre la sanction officielle.

D. J. Mendéléjeff, partisan zélé du Système métrique, plaidant depuis longtemps pour son adoption dans les travaux scientifiques, ne jugeait pas possible alors la publication d'un arrêté concernant son introduction obligatoire en Russie. Il croyait plus raisonnable d'établir d'abord la correspondance la plus exacte entre les unités du système nouveau et celles de l'ancien. « Je crois, disait-il, que l'introduction obligatoire immédiate du Système métrique en Russie aurait une mauvaise influence sur le succès final de la réforme ; elle se fera en son temps, et il faut croire que cela arrivera bientôt. »

C'est D. J. Mendéléjeff qui fit les premiers pas vers l'introduction officielle du Système métrique en Russie. Par la loi du 4 juin 1899, dont il fut l'initiateur et le rédacteur, le Système métrique fut admis à titre facultatif, à égalité avec les poids et mesures nationaux. L'auteur de cette loi annonça lui-même cette nouvelle au Comité international dans sa séance du 13 septembre 1900 (1).

(1) *Procès-Verbaux*, session de 1900, p. 53.

Dès lors, les bureaux locaux de vérification des poids et mesures, établis par la susdite loi et disséminés dans diverses parties de l'Empire, furent les agents les plus actifs pour la propagation du Système métrique.

Le succès de la propagande pour l'emploi facultatif des mesures métriques prépara le terrain à la publication de la loi, attendue depuis longtemps, sur leur introduction obligatoire en Russie. Ce document fut rédigé par le Professeur N. G. Egoroff, successeur de Mendéléjeff à l'administration de la Chambre Centrale des Poids et Mesures: il présenta, à l'approbation du Conseil des Commissaires du Peuple, un projet de décret sur l'introduction obligatoire du Système métrique dans la République, et le 14 septembre 1918, le décret historique ci-après fut promulgué.

DÉCRET SUR L'INTRODUCTION DU SYSTÈME MÉTRIQUE DÉCIMAL DES POIDS ET MESURES.

Le Conseil des Commissaires du Peuple décide :

« ART. 1. — De prendre pour base de toutes les mesures dans la République Russe Socialiste Fédérale le Système métrique des Poids et Mesures.

« ART. 2. — D'adopter pour unité de longueur le Mètre et pour celle de poids (masse) le Kilogramme. D'adopter pour prototypes des unités fondamentales du Système métrique la copie du Mètre international portant la marque « n° 28 », et la copie du Kilogramme international portant la marque « n° 12 », construites en platine iridié, attribuées à la Russie par la Première Conférence générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1889, et conservées à la Chambre Centrale des Poids et Mesures de Leningrad.

« ART. 3. — Toutes les institutions soviétiques et toutes les organisations publiques sont obligées de commencer dès le 1^{er} janvier 1919 l'introduction du Système métrique international. La publication des ordres, concernant l'exécution de ce décret, est confiée aux administrations centrales de l'État pour chaque département. Si, en raison de difficultés techniques, l'introduction complète de ce Système était impossible, il serait permis d'employer le système ancien, à la condition que la transition définitive au Système métrique soit terminée le 1^{er} janvier 1922.

« ART. 4. — D'imposer au Commissariat du Commerce et de l'Industrie, avec la collaboration technique de la Chambre Centrale des Poids et Mesures, l'obligation d'approvisionner la population le plus tôt possible de poids et de mesures métriques en nombre suffisant.

« ART. 5. — D'imposer au Commissariat du Peuple de l'Instruction publique l'obligation d'enseigner dans toutes les écoles, dans les limites les plus larges possibles, la théorie et la pratique du Système métrique, et de diffuser ce système parmi toute la population du pays.

« ART. 6. — D'imposer à la Chambre Centrale des Poids et Mesures l'obligation de rédiger et de populariser les règles de la construction des poids et mesures métriques, de leur vérification, poinçonnage et usage dans le commerce et dans l'industrie.

« ART. 7. — D'obliger tous les établissements commerciaux à afficher dans un endroit visible des tables de conversion des mesures russes et métriques et des prix de marchan-

dises en mesures métriques, corrélativement aux prix des mêmes marchandises en mesures russes.

» ART. 8. — D'obliger toutes les institutions et toutes les organisations de l'État à introduire dans toutes leurs opérations, avant le 1^{er} janvier 1922, les mesures métriques, dont l'application sera aussi obligatoire dans le commerce, aux établissements industriels et aux personnes privées, dans leurs transactions avec les susdites institutions.

» ART. 9. — A partir du 1^{er} janvier 1922, de cesser toute construction des mesures et des poids du système russe, et à partir du 1^{er} janvier 1923, d'en supprimer la vente.

» ART. 10. — D'interdire, à partir du 1^{er} janvier 1924, l'utilisation de toutes mesures et de tous poids, autres que ceux du Système métrique.

» ART. 11. — Sur l'étude de toutes les questions concernant l'introduction et l'application du Système métrique, pour la direction technique générale de l'activité de toutes les institutions intéressées et pour la conciliation de leurs intérêts, d'établir et d'adjoindre au Commissariat du Commerce une Commission métrique composée de représentants du Conseil supérieur de l'Économie nationale et des Commissariats des Finances, des Affaires militaires, des Voies de communication, de l'Instruction, de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Postes et Télégraphes. Cette Commission aura le droit de coopter et d'inviter comme experts consultants des représentants des organisations scientifiques et techniques, publiques, commerciales et industrielles.

» ART. 12. — La Commission métrique pourra émettre avec la sanction du Commissaire du Peuple pour le Commerce et l'Industrie, des règlements obligatoires et des instructions concernant la mise en exécution de ce décret. »

Par ce décret, comme on le voit, un délai de cinq années fut fixé pour l'exécution de tous les travaux préparatoires ayant pour but la complète adhésion d'un immense pays au Système métrique. Mais deux ans avant le terme indiqué, il devint évident qu'il serait matériellement impossible d'exécuter les prescriptions du décret, et le Conseil des Commissaires du Peuple, par le décret supplémentaire du 29 mai 1922, prolongea ce terme encore de trois années, jusqu'au 1^{er} janvier 1927.

La réalisation du programme, exposée brièvement dans le décret du 14 septembre 1918, et développée plus tard dans un plan détaillé, sanctionné par le Conseil du Travail et de la Défense le 19 octobre 1923, fut donc imposée à la Commission métrique, qui, étant d'abord adjointe au Commissariat du Commerce et de l'Industrie, fut ensuite, selon la décision du Conseil des Commissaires du Peuple, adjointe au Conseil du Travail et de la Défense.

La Commission métrique, durant les premières années de son fonctionnement, sous la présidence du professeur N. C. Egoroff, concentra son attention sur un seul but : introduire avant tout, dans la pratique générale, les appareils métriques ordinaires, tels que poids, balances, mesures de longueur et de volume. Il était nécessaire d'élaborer pour cela les types les plus simples des appareils, et de donner des indications techniques aux fabriques et aux ateliers, construisant et répandant les appareils de mesure.

Dans les premiers temps de la réforme, il était permis de transformer les anciens appareils russes en instruments métriques. Cette décision accéléra l'introduction du Système métrique parmi la population en lui donnant une connaissance pratique de ces derniers. Quand la production des mesures métriques fut suffisamment organisée dans l'U. R. S. S., cette décision provisoire fut annulée (9 janvier 1925).

Parallèlement aux travaux mentionnés, on s'évertuait à perfectionner la connaissance du

Système métrique dans la masse du peuple, par la publication d'ouvrages élémentaires, de tables de conversion réciproque des mesures russes et métriques, de tableaux, de règles techniques, etc. En 1923, la Chambre Centrale des Poids et Mesures termina l'édition d'un Ouvrage paru sous le titre : *Tables de conversion réciproque des mesures russes et métriques*, calculées avec la précision métrologique. Cette édition fut une œuvre fondamentale, dans laquelle on puisait toujours en élaborant quelque nouvelle publication; elle introduisit dans la pratique générale la notion correcte et uniforme du nouveau système, comparé au système ancien. Une quantité considérable d'ouvrages variés, brochures et articles, consacrés au Système métrique, furent publiés dans les langues diverses répandues dans l'U. R. S. S. Parmi les éditions de la Chambre Centrale, une trentaine de publications sont consacrées aux questions concernant l'introduction du nouveau système de mesures dans le pays.

Les grands centres de culture dans l'U. R. S. S. passèrent les premiers aux nouvelles mesures, d'abord dans quelques branches isolées du commerce et de l'industrie, ensuite dans le commerce de gros, puis dans celui de détail.

Ce sont les bureaux des poids et mesures qui effectuèrent ce travail particulièrement important, étant les vrais exécuteurs de tous les ordres du Gouvernement, et manifestant souvent leur propre initiative pour accélérer la marche de l'introduction des mesures métriques dans l'usage. Ainsi, dans les Comptes rendus sur l'activité de la Chambre centrale au cours de l'exercice 1923-1924, on lit, entre autres, que « grâce à l'initiative des Bureaux de vérification, la marche de la réforme métrique s'est accrue sensiblement ».

L'année suivante, on pouvait dire : « Si, pendant l'année écoulée, le processus de l'introduction du Système métrique concernait presque exclusivement les centres des gouvernements, l'industrie et en partie le commerce en gros, le centre de gravité de l'année courante dans les travaux des Bureaux de vérification s'est manifesté dans le commerce de détail. L'activité des Bureaux de vérification fut telle que la réforme fut réalisée à Nijni-Novgorod et dans son arrondissement; qu'elle fut achevée avant le terme fixé dans le commerce en gros et dans celui du détail à Leningrad et dans son gouvernement, et que ses travaux sont presque achevés à Pskov et à Novgorod. En outre, dans les rayons de ces deux gouvernements, des travaux analogues furent conduits avec tant d'ardeur, que le passage au Système métrique fut terminé vers le 1^{er} janvier 1926 dans le gouvernement de Pskov, et vers le 1^{er} mars de la même année, dans celui de Novgorod. En même temps, la réforme fut achevée dans la région de Viatka. Vers le 1^{er} septembre 1925, le Système métrique fut introduit dans le commerce de gros et de détail à Kasan. Dans le rayon du Bureau de vérification de Tomsk, la réforme de la province d'Oyrat fut terminée.

Dans les suppléments aux Comptes rendus de l'exercice 1924-1925, nous trouvons un tableau de la quantité des mesures métriques en usage dans les contrées diverses de l'U. R. S. S.; on peut voir que la diffusion des mesures métriques procédait assez rapidement. A titre d'illustration, on peut citer, par exemple, les données suivantes :

Rayon du Bureau local de vérification.	Pour 100 des mesures.		
	1922-1923.	1923-1924.	1924-1925.
Gouvernement de Moscou.....	12,3	32,2	55,5
» de Nijni-Novgorod.....	6,5	25,6	53,4
» de Leningrad.....	11,1	14,1	46,4
» de Saratov.....	5,0	12,3	58,3
» de Viatka.....	»	30,4	68,1
» de Tambov.....	»	7,1	17,6

De toutes ces données, empruntées aux Comptes rendus, on peut voir que le travail énergique des Bureaux de vérification a commencé à porter ses fruits, et que deux ans déjà avant le terme fixé par la loi, les mesures métriques en usage dans la population représentaient presque la moitié des appareils de mesure anciens. La population s'étant initiée à l'usage du nouveau système, la propagation ultérieure de celui-ci ne se heurte plus aux obstacles rencontrés dans les premières années après la publication du décret du 14 septembre 1918.

En effet, les derniers Comptes rendus de l'exercice 1925-1926 mettent en évidence que la réforme métrique, en y comprenant l'introduction, dans l'usage, des appareils communs, est proche de son achèvement. Dans plusieurs rayons, la quantité de mesures et de poids métriques en circulation atteint 90 à 95 pour 100, et, sans doute, l'année courante amènera la proportion des appareils métriques de mesure au même niveau dans plusieurs autres régions de l'U. R. S. S.

Parallèlement à l'introduction des appareils de mesure ordinaires, procède le travail de consolidation de cette réforme, c'est-à-dire d'introduction du Système métrique dans tous les domaines de la technique et de l'économie nationale. Cette tâche paraît être plus complexe et plus difficile, et sa solution complète exige beaucoup de temps et le travail continu d'un organe spécial, investi d'un pouvoir suffisant pour surmonter les nombreux obstacles que l'on rencontre dans cette voie. La Chambre Centrale des Poids et Mesures et la Commission Centrale métrique, instituée auprès du Conseil du Travail et de la Défense, dirigent leurs efforts dans ce sens et ont déjà atteint plusieurs résultats positifs. Nous en noterons quelques-uns :

La Commission Centrale métrique, en vertu de ses prérogatives d'éditer des règlements obligatoires, ayant en vue la réalisation du Système métrique des poids et mesures, a publié les ouvrages suivants :

- Sur le mesurage de l'eau en litres et du gaz en mètres cubes ;
- Sur l'introduction, dans l'industrie viticole et celle de l'eau-de-vie, du Système métrique de mesurage pendant le tirage en bouteilles et la perception de l'accise ;
- Dans l'économie agricole des villes et villages, et sur l'évaluation de l'aire des bâtiments et des logements en mesures métriques ;
- Dans le monnayage des pièces d'or et d'argent et dans l'affinage et la fonte des métaux précieux ;
- Dans les travaux de construction en maçonnerie ;
- Dans les travaux d'approvisionnement et de fourniture du bois ;
- Dans la presse et pour l'uniformité des abréviations des noms de mesures métriques ;
- Dans la tenue des livres ;
- Dans les opérations de compte et d'escompte ;
- Sur l'établissement des unités fondamentales des mesures métriques dans l'industrie, le commerce et les transports.

Cette énumération des règlements rédigés par la Commission Centrale métrique laisse voir de quel côté sont dirigés les efforts du Gouvernement pour implanter définitivement le Système métrique dans tous les domaines de la vie publique et de l'industrie.

Certainement, on ne peut pas présumer que l'introduction de la réforme métrique dans tous les domaines susmentionnés puisse se faire avec autant de rapidité et de succès que l'introduction, dans l'usage, des appareils métriques ordinaires. La réforme métrique ne

pourra être achevée dans beaucoup de domaines avant que des circonstances plus favorables ne soient venues écarter certains obstacles pour le moment insurmontables.

En ce moment, la Commission Centrale métrique fait des efforts pour l'élaboration d'un plan détaillé d'introduction complète du Système métrique dans l'U. R. S. S. : ce plan sera réalisé à plus longue échéance qu'on ne l'eût désiré, mais avec la tendance inflexible d'introduire dans toutes les provinces de notre grand pays ce système de mesures, qui fut consacré par le génie français « A tous les temps, à tous les peuples ».

Législation de l'U. R. S. S. sur les Poids et Mesures pendant les années 1921-1927.

La loi fondamentale, qui régit les poids et mesures dans l'U.R.S.S., est le Règlement de 1924, d'après lequel toutes les mesures employées dans le commerce, l'industrie, la science, la technique et dans toutes les branches de l'économie nationale de l'U.R.S.S., sont exprimées dans le Système métrique international. Dans le texte de la loi, deux mesures principales sont mentionnées : le kilogramme international (unité de masse), et le mètre international (unité de longueur). Le texte indique aussi que les étalons fondamentaux de ces unités, pour l'U.R.S.S., sont représentés par la copie du Kilogramme et du Mètre, portant respectivement les numéros 12 et 28. Ces deux étalons, ainsi que les autres étalons obligatoires pour tout l'U.R.S.S., sont conservés à la Chambre Centrale des Poids et Mesures.

En ce qui concerne les autres mesures, la loi n'indique que l'unité du temps : 24 heures du temps solaire moyen.

La loi prescrit au Conseil suprême de l'Économie nationale d'élaborer, par l'intermédiaire de la Chambre Centrale des Poids et Mesures, les instructions et les règlements techniques pour la mise en pratique du Règlement sur les poids et mesures; c'est donc du Conseil suprême que viennent toutes les instructions obligatoires concernant les mesures.

Le Conseil a commencé par proclamer que toutes les mesures usitées dans le commerce, l'industrie et la technique, ainsi que dans toutes les branches de l'Économie nationale de l'U.R.S.S., doivent être exprimées en unités du Système métrique international avec ses multiples et ses sous-multiples (telles les mesures de masse, de longueur, de surface, de volume, de capacité), ou bien en unités acceptées par des Conférences internationales (telles les mesures de temps, d'électricité, de lumière); ou encore, faute des unités appropriées, en unités acceptées pour l'usage par le Conseil des Commissaires de l'U.R.S.S., d'après les propositions du Conseil suprême de l'Économie nationale.

Le but de cette proclamation était d'éliminer les difficultés dans les relations entre les peuples formant l'U.R.S.S. et les autres nations; comme suite, les unités suivantes ont été établies :

a. Pour les masses : la tonne, le quintal, le kilogramme, l'hectogramme, le décagramme, le gramme, le décigramme, le centigramme, le milligramme et le carat métrique.

b. Pour les longueurs : le kilomètre, le mètre, le décimètre, le centimètre, le millimètre et le micron.

c. Pour les superficies : le kilomètre carré, l'hectare, l'are, le mètre carré, le centimètre carré, le millimètre carré.

d. Pour les volumes : le kilomètre cube, le mètre cube, le décimètre cube, le centimètre cube et le millimètre cube.

e. Pour les capacités : le kilolitre, l'hectolitre, le décalitre, le litre, le décilitre, le centilitre, le millilitre.

Une notice spéciale ajoute que, pour les mesures de capacité, un litre peut être considéré comme égal à un décimètre cube.

Comme conséquence de l'adoption de ces unités fondamentales, les unités pour l'alcoométrie ont été élaborées. La richesse en alcool d'un liquide spiritueux est mesurée en centièmes du volume à la température de 15° de l'échelle centésimale; la quantité d'alcool pur, qu'on mesurait jusqu'à présent en degrés du *vedro* à la température de 12° $\frac{1}{3}$ de l'échelle Réaumur, doit être mesurée en litres à la température de 15°.

La catégorie suivante des règlements est celle qui concerne les mesures de temps. Comme unités du temps, en plus des 24 heures solaires mentionnées dans la loi fondamentale sur les poids et mesures, sont introduites : l'heure, la minute et la seconde.

Pour la législation de l'échelle thermométrique centésimale, il a été reconnu indispensable de recourir préalablement à quelques dispositions administratives, consistant notamment à défendre, à partir du 1^{er} janvier 1925, la fabrication dans l'U.R.S.S., ainsi que l'importation de l'étranger, des thermomètres gradués dans un système autre que centigrade; de remplacer, au plus tard le 1^{er} janvier 1927, tous les thermomètres autres que centigrades, employés dans le commerce, l'industrie, la médecine, la science et la technique, ou exposés dans des lieux publics. Exception a été faite seulement pour la production d'alcool, des difficultés purement techniques et financières ne permettant pas d'achever la réforme dans ce domaine pour la date prévue. Cependant, au moment actuel, tous les travaux préparatoires pour la réforme mentionnée dans l'industrie de l'alcool sont terminés; les tables des densités des solutions hydro-alcooliques sont calculées, les règles pour la construction des alcoomètres en métal ou en verre sont établies, et les tables indispensables pour l'usage de ces instruments sont faites, de sorte que, à l'heure actuelle, il est très possible de remplacer les thermomètres Réaumur par les centigrades, même dans l'industrie de l'alcool.

Il s'ensuit qu'on peut considérer l'échelle internationale thermométrique centigrade comme introduite dans l'U.R.S.S. à partir du 1^{er} janvier 1927. La valeur exacte d'un degré de température, obligatoire pour toute l'Union, est déterminée par le thermomètre à gaz de la Chambre Centrale des Poids et Mesures, dont le zéro est au point de fusion de la glace, et le point 100 à la température de la vapeur d'eau sous la pression normale.

Les règles sur les mesures électriques établissent comme unités obligatoires, pour l'Union, les unités internationales électriques suivantes, qui ont une valeur proche des unités pratiques du système absolu C. G. S. des unités électromagnétiques :

- a. Pour la mesure des résistances : mégohm, ohm et microhm.
- b. Pour l'intensité du courant : ampère, milliampère et microampère.
- c. Pour la force électromotrice : kilovolt, volt, millivolt et microvolt.
- d. Pour la puissance : kilowatt et watt.
- e. Pour le travail : kilowatt-heure, hectowatt-heure, watt-heure et watt-seconde (joule international).
- f. Pour la quantité d'électricité : ampère-heure et coulomb (ampère-seconde).
- g. Pour la capacité : farad et microfarad.
- h. Pour la self-induction : henry, millihenry et microhenry.

Les valeurs exactes de l'ohm, de l'ampère et du volt, obligatoires pour toute l'U. R. S. S.,

sont définies d'après les étalons de la Chambre Centrale des Poids et Mesures, reproduits conformément aux règles et aux spécifications internationales actuelles.

Les règlements pour les mesures du rayonnement lumineux, confirmées le 13 mai 1925, prescrivent d'employer, pour toute mesure quantitative de lumière, le système des unités optiques internationales, savoir : la bougie internationale, le lumen, le lux et la bougie internationale par centimètre carré. La valeur exacte de la bougie internationale, obligatoire pour toute l'U.R.S.S., est déterminée d'après les lampes étalons électriques à incandescence, qui ont été déposées à la Chambre Centrale des Poids et Mesures, après un étalonnage conforme aux règlements internationaux. En adoptant cette loi, l'U.R.S.S. a interdit l'emploi des bougies Hefner-Alteneck, autorisé jusqu'ici.

Avant de terminer la liste des unités légales dans l'U.R.S.S., il est indispensable de mentionner les règles sur les mesurages mécaniques. Ces règles ont été élaborées à la Chambre Centrale des Poids et Mesures, en collaboration avec l'Académie des Sciences et les cercles intéressés des techniciens et industriels. Ils ont été présentés à la Présidence du Conseil suprême de l'Économie nationale, et ils viennent d'être adoptés, ainsi qu'un télégramme de Leningrad, arrivé hier, nous en a apporté la nouvelle.

Pour les règlements des mesures mécaniques, la difficulté réside dans la duplicité des systèmes d'unités et de la terminologie.

En effet, deux genres d'unités existent : l'un est absolu ; ce système est parfait du point de vue métrologique ; il est adopté dans la science et dans un des domaines les plus considérables de la technique, l'électrotechnique ; le second est un système technique, loin de la perfection métrologique, mais adopté depuis longtemps dans la technique ; il est enraciné dans les travaux pratiques du monde entier.

Il n'y a pas de doute, cependant, que les liens entre la science et la technique se resserrent de plus en plus. Toutes les formes de la technique tendent vers la science, et il ne devrait exister qu'un seul et unique système : le système absolu. Mais, d'un autre côté, on ne peut pas nier le fait qu'à l'heure actuelle le système technique est en usage dans l'industrie de tous les pays. Pour ne pas détacher de celles des autres pays l'industrie et la technique de l'U.R.S.S., en ce qui concerne les calculs techniques et les mesures, le règlement du Conseil suprême de l'Économie nationale adopte la solution suivante pour les unités mécaniques : dans toutes les mesures techniques, on devra employer le système absolu, mais l'usage du système technique est temporairement admis.

Les unités légales du système absolu sont énumérées ci-après ; elles sont basées sur le mètre, la tonne et la seconde (système M. T. S.).

On a ainsi les unités suivantes :

a. Pour la mesure de la force : kilosthène, hectosthène, décasthène, sthène, décisthène, centisthène et millisthène.

b. Pour le travail : kilojoule et joule.

c. Pour la puissance : kilowatt et watt.

d. Pour la pression : hectopièze, pièze, centipièze.

Dans le système technique, les unités fondamentales sont : le mètre, la seconde et le kilogramme-force (système M. K. S.). On admet pour l'usage temporaire : le kilogrammètre, le kilogrammètre-seconde, le cheval-vapeur (égal à 75 kilogrammètres par seconde), et un kilogramme-force par mètre ou par centimètre carré. Dans tous les calculs, où avec les kilogrammes-forces, les masses interviennent, l'unité de masse n'est pas le kilogramme.

mais la masse d'un corps, auquel un kilogramme-force donne une accélération d'un mètre par sec², c'est-à-dire la masse de 9,80665 kilogrammes.

Les relations exactes entre les unités du système technique et du système absolu sont les suivantes :

- 1 kilogramme-force = 0,00980665 sthène;
- 1 kilogramme-mètre = 0,00980665 kilojoule;
- 1 kilogramme-mètre-seconde = 0,00980665 kilowatt;
- 1 $\frac{\text{kilogramme-force}}{\text{centimètre carré}}$ = 98,0665 pièzes.

La liste des mesures légales n'est pas complète, il y manque quelques unités qui ont été étudiées dans ces derniers temps. Pour le moment, on peut ajouter les données caractéristiques pour les lentilles et les prismes des lunettes. Les lentilles à surfaces sphériques, cylindriques ou mixtes se distinguent par la réfraction du foyer postérieur, l'unité de cette réfraction étant la dioptrie; les prismes des lunettes sont caractérisés par leur puissance, dont l'unité est la dioptrie prismatique.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Dobrokhotov de son remarquable rapport, qui nous a appris quels efforts systématiques ont été faits dans l'U.R.S.S. en vue de l'application des mesures métriques, et quel succès est venu les récompenser.

M. le PRÉSIDENT présente un diagramme des progrès du Système métrique, établi par une Commission américaine; il remarque que la courbe exprimant ce progrès devient presque verticale à partir de 1920.

Il est donné lecture d'une proposition du Gouvernement mexicain (1).

Le Mexique propose que le Bureau international étudie et recommande les méthodes les plus appropriées pour pratiquer la mesure du pétrole dans les importantes transactions effectuées par des pays spécialement producteurs, en comparant les résultats obtenus par la mesure directe des volumes à l'aide de grands réservoirs fixes, comme cela se pratique actuellement, et avec des mètres automatiques destinés à enregistrer jusqu'à 1000^m par heure, en tenant compte du fait qu'il existe des opinions diverses et contradictoires à ce sujet.

M. SERRANO émet l'avis qu'il sera possible d'obtenir un accord préalable des pays producteurs du pétrole.

M. VOLTERRA estime que la proposition du Gouvernement mexicain excède les pouvoirs du Comité international; mais elle pourrait être portée à l'ordre du jour d'une Conférence relative aux questions administratives concernant les poids et mesures.

(1) Voir Annexes, p. 126.

M. RAUSZER, délégué de la Pologne, formule la proposition suivante (1) :

« La Septième Conférence générale des Poids et Mesures s'adresse à tous les Gouvernements qui ont introduit dans leurs pays le Système métrique, avec l'appel d'adopter de façon effective ce système aussi dans le domaine du commerce et de l'industrie des peaux et cuirs, si le commerce des cuirs s'effectue par évaluation de la surface.

» Jusqu'à présent les pays mentionnés font usage, dans ce domaine, des unités non métriques. »

Il ajoute que le commerce des cuirs de tous les pays qui ont adopté le Système métrique, s'il est basé sur le calcul des prix suivant la surface du cuir, utilise des unités non métriques. Il indique que, suivant l'avis du Bureau de Berlin, l'emploi du décimètre carré en ce domaine serait très pratique. Mais le marché des cuirs ayant une importance mondiale, le produit est exporté, vendu et acheté, après évaluation de son prix, suivant sa qualité et la surface mesurée avec des étalons et machines à mesurer repérées en unités non métriques. Cette situation est exceptionnelle; la législation d'un seul pays est presque impuissante, et les restrictions imposées ne donnent aucun résultat positif à cause du caractère international du commerce des cuirs. Seule une recommandation aux Gouvernements, de la part de la Conférence générale des Poids et Mesures, peut attirer l'attention d'un nombre suffisant d'États, et provoquer une action collective ou au moins faciliter les dispositions individuelles.

M. VOLTERRA croit qu'une recommandation aux Gouvernements pourrait être votée.

Cette recommandation est adoptée à l'unanimité des votants, **M. SEARS** s'étant abstenu.

L'ordre du jour appelle la discussion sur les propositions des délégués ou du Comité international.

M. SEARS rappelle que la Note du Gouvernement de la Grande-Bretagne, qui s'est traduite par la création d'un Comité consultatif d'Électricité, soulevait une deuxième question, celle-ci administrative.

La Convention du Mètre a cinquante ans d'existence, et pendant ce demi-siècle, ses conditions d'application se sont transformées. Fondée pour la détermination et la conservation des unités fondamentales, elle en est aujourd'hui aux unités dérivées.

Les bureaux nationaux pourraient, sur nombre de points, trouver par accord des solutions d'ensemble; mais ils reconnaissent les avantages d'un Bureau international.

(1) Voir Annexes, p. 114.

Pourtant nos savants en général, et plus encore nos praticiens, trouvent que les résultats sont un peu lents, les délais parfois excessifs. Il propose, en conséquence, que le Comité se réunisse chaque année et la Conférence générale tous les trois ans.

M. VOLTERRA pense qu'on peut accepter :

1° Que le Comité se réunisse plus souvent, ce qui est compatible avec le Règlement annexé à la Convention ;

2° Que l'on institue une Commission, nommée par le Comité, et chargée de recevoir les vœux des États, de les examiner, et de proposer, s'il y a lieu, la réunion du Comité.

M. RAUSZER appuie cette proposition.

M. SEARS montre les avantages pratiques qu'offrirait la Commission proposée.

La proposition de M. Sears est adoptée à l'unanimité, sous la forme que lui a donnée M. Volterra.

M. GUILLAUME expose que le kilogramme témoin n° 1, légèrement convexe à sa partie inférieure, est tombé dans la cage de la balance au cours d'une opération de contrôle. Il a perdu, de ce fait, 0^{ms},07. Il a été remplacé par le dernier des exemplaires appartenant au Conservatoire, non encore mis en service. M. Guillaume propose à la Conférence de ratifier ce remplacement.

La proposition est adoptée par l'unanimité des États présents, soit : Allemagne, Argentine, Autriche, Canada, Danemark, États-Unis d'Amérique, Finlande, Grande-Bretagne, Hongrie, Italie, Japon, Mexique, Pologne, Portugal, Serbie-Croatie-Slovénie, Siam, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, U. R. S. S.

M. le PRÉSIDENT déclare que le moment est venu de procéder au renouvellement, par moitié, du Comité, et il donne la parole à M. le Président du Comité.

M. VOLTERRA rappelle que ce renouvellement doit avoir lieu au scrutin secret, et que l'Article 8 du Règlement de la Convention stipule que les membres soumis à la réélection seront d'abord ceux qui, par suite de vacances, ont été élus par le Comité lui-même dans l'intervalle entre les deux sessions de la Conférence. Les autres sont désignés par le sort. Le nombre des membres du Comité étant aujourd'hui réduit à 12 par le décès de M. Pasquier, survenu en 1926, et par celui, tout récent, de M. Fredholm. Il y a lieu de réélire en tout six membres du Comité. Le tirage au sort donne, comme membres sortants, MM. Volterra, Stratton, Appell, auxquels il faut ajouter les membres cooptés, qui sont MM. Isaachsen, Konovalov et Kargatchin.

Il est procédé au vote par bulletin secret.

M. le PRÉSIDENT procède au dépouillement, qui donne les résultats suivants :

Votants	19
Majorité absolue	10

Ont obtenu :

MM. Volterra	19 suffrages
Isaachsen	18 »
Appell	16 »
Stratton	16 »
Konovalov	15 »
Kargatchin	14 »

M. Burgess 3 voix, M. Dunant 2, M. Janet 2, MM. Gautier, Furth, Torres y Quevedo, Johansen, Rollino, Statescu, chacun 1.

M. le PRÉSIDENT proclame, en conséquence, comme membres du Comité, MM. VOLTERRA, ISAACHSEN, APPELL, STRATTON, KONOVALOV, KARGATCHIN.

M. SERRANO demande que la Conférence adresse toutes ses félicitations à son Président, au Comité, au Bureau et au personnel. Cette motion est adoptée par acclamation.

M. VOLTERRA, président du Comité, exprime toute la reconnaissance du Comité et du Bureau international à MM. les Délégués, qui ont si heureusement contribué aux résultats obtenus par la Septième Conférence générale.

Ces résultats sont très importants, notamment ceux qui, sur la proposition des Gouvernements de la Grande-Bretagne, du Mexique et de la République Argentine, concernent les unités électriques. Ils affermissent une heureuse liaison entre les bureaux nationaux et le Bureau international. M. Volterra tient particulièrement à remercier M. Sears de ses si intéressantes suggestions.

Une autre question très importante et aussi heureusement résolue est celle de la dotation en or. Toutes nos angoisses de ces dernières années, dont témoignent les lettres échangées entre le Directeur du Bureau et le Président du Comité, sont terminées. M. Volterra en remercie particulièrement M. Tanakadate, qui fut l'initiateur de cette solution. Avec elle, le Bureau entre dans une ère nouvelle.

Il adresse l'expression de sa sincère gratitude à l'Académie des Sciences de l'Institut de France pour la belle réception qu'elle nous a réservée dans la salle de ses séances, et au cours de laquelle son illustre Secrétaire perpétuel, M. Émile Picard, a prononcé des paroles si élevées, sous l'éminente prési-

dence de M. Bokanowski, Ministre de l'Industrie, du Commerce, des Postes et des Télégraphes de la République française. Il la remercie aussi pour avoir désigné comme Président M. Bigourdan, l'éminent savant qui a si bien dirigé nos travaux.

Il dit enfin la reconnaissance de l'Institution internationale au Gouvernement français, qui accueille toujours la Conférence avec tant de bonne grâce, et assure son œuvre d'une collaboration aussi cordiale que précieuse.

M. DUNANT, au nom des délégués, remercie M. Volterra de ses aimables paroles, et lui exprime les sentiments d'affection et d'admiration de tous ses collègues.

Il dit à M. Guillaume combien tous les délégués sont émerveillés de son inlassable labeur au Pavillon de Breteuil.

Il remercie M. le Président de la Conférence de la si cordiale et si parfaite courtoisie avec laquelle il a conduit ses travaux.

M. le PRÉSIDENT, au nom du Gouvernement français, remercie les délégués du bon et utile travail qu'ils viennent de faire en commun. Ils peuvent être assurés de trouver toujours sur le sol de la France l'accueil le plus aimable et la sympathie la plus vive pour leurs personnes et pour leurs travaux.

Quant au Président de la Conférence, sa tâche lui a été rendue, non seulement facile, mais agréable, par la bonne volonté et la courtoisie de tous.

M. le PRÉSIDENT, au nom de la Conférence, confie au Comité le soin d'approuver le Compte rendu de cette dernière séance, et il déclare close la Septième Conférence générale des Poids et Mesures.

La séance est levée à 17^h45^m.

Pour l'approbation des Comptes rendus :

<i>Le Secrétaire</i>	<i>Le Président</i>	<i>Le Président</i>
<i>de la Conférence,</i>	<i>de la Conférence,</i>	<i>du Comité international,</i>
RAOUL GAUTIER.	G. BIGOURDAN.	VITO VOLTERRA.



ANNEXES



PROPOSITIONS

concernant la définition et la relation des unités et des étalons de longueur.

MÉMOIRANDUM DU BUREAU OF STANDARDS DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

1. On recommande que la Conférence adopte la longueur d'onde de la radiation rouge émise par la vapeur de cadmium, déterminée par Benoît, Fabry et Perot, comme étalon fondamental pour la longueur des ondes lumineuses.

La longueur de cette onde est $6438,4696 \cdot 10^{-10}$ mètre lorsque la lumière se propage dans l'air sec à 15° C. (échelle de l'hydrogène), à la pression de 760^{mm} de mercure, g équivalant à $980,67 \text{ cm/sec}^2$ (45° latitude septentrionale). La lumière doit être produite par un courant électrique de haute tension dans un tube à vide ayant des électrodes intérieures. La lampe doit être maintenue à une température inférieure à 320° C. et avoir un volume ne dépassant pas 25^{cm^3} . La valeur du courant qui la traverse ne doit pas excéder $0,05$ ampère. A la température ambiante, le tube ne doit pas être lumineux lorsque le circuit à haute tension y est établi.

Le Mètre doit être défini par la relation :

1 Mètre = $1553164,13$ longueurs d'onde du rayonnement rouge du cadmium, dans les conditions normales spécifiées.

Les considérations théoriques suivantes militent en faveur de l'aptitude, comme unité de longueur permanente et fondamentale, de la radiation rouge du cadmium qui peut être engendrée à volonté, dans un laboratoire quelconque, avec le maximum de précision possible dans les mesures optiques.

La structure des raies du cadmium a été étudiée, entre autres, par Michelson, Fabry, Perot, Hamy, Janicki, Wali-Mohammad, Takamine, Wood, McNair, Pérard. On a toujours observé que la raie rouge $6438,4696 \text{ \AA}$ est simple, étroite et symétrique. La notation de la série spectrale pour cette raie est $2^1P_1 - 3^1D_2$. Des analyses de la structure hyperfine des raies du cadmium dans lesquelles entre 2^1P_1 , ont démontré que ce terme est simple; sa valeur absolue est $28846,60$. La valeur de 3^1D_2 est $13319,24$; mais on n'a pas établi positivement que ce terme soit simple. Au cas où on le trouverait complexe, le fait que $2^1P_1 - 3^1D_2$ a été observé comme une raie simple signifie qu'une règle stricte de sélection limite l'émission à un composant.

L'état normal de l'atome de cadmium est représenté par le terme $1^1S_0 = 72538,81$, soit de $43692,21$ unités (presque 5 volts) plus basse dans le diagramme d'énergie que 2^1P_1 , état définitif pour le rayonnement de la raie 6438 \AA . Cette relation entre les états définitifs est en faveur de la production de l'étalon primaire comme raie d'émission non renversée; seuls, les atomes qui ont été excités par des électrons de 5 volts sont capables d'absorber ce rayonnement, et 2^1P_1 , n'étant pas un état métastable, c'est seulement dans des conditions extraordinaires que l'on peut observer un renversement spontané de cette raie.

Les états d'énergie atomique entrant dans la production de $\text{Cd } 6438 \text{ \AA}$ se trouvent dans

la partie supérieure du diagramme d'énergie Cd I; il est, par suite, probable que cette raie sera déplacée par la pression; on l'a donc observée élargie et déplacée vers le rouge dans les lampes en quartz qui contiennent des alliages, lorsque la pression de la vapeur est élevée; mais de tels effets ne sont pas appréciables quand la raie est produite dans un tube de Michelson contenant du cadmium pur à 320° C.

La demi-épaisseur théorique de cette raie, si l'on considère la largeur comme due entièrement à l'effet Doppler-Fizeau, est 0,005 Å, ce qui s'accorde de très près avec 0,006 Å mesuré par Michelson.

En ce qui concerne le côté pratique de la question, on peut signaler que cette raie a été acceptée en 1907 comme étalon fondamental pour les mesures spectroscopiques; elle définit l'unité internationale *angström*, et constitue la base du système d'étalons secondaires pour tout le spectre. Les décisions sur ce point ont été prises par l'Union internationale Astronomique, et sont réellement entrées dans l'usage international.

Actuellement, on se sert d'un nombre énorme de calibres étalons (étalons à bouts) pour les mesures précises. On les a déterminés directement par le moyen d'ondes lumineuses ou en les comparant à des étalons dérivés de celles-ci. Pendant les dix dernières années, on a déterminé, au Bureau of Standards, plus de 40000 jauges de ce système. Dans ce nombre figurent des calibres pour le Bureau, des étalons, pour les fabricants de jauges, et des jauges destinées à être employées dans l'industrie. Les résultats sur une jauge d'un *inch* sont caractéristiques de ceux qui ont été obtenus pour toutes les autres jauges calibrées. Pour les mesures optiques, sur sept longueurs d'ondes différentes,

La différence maxima pour deux longueurs d'onde est.....	$\frac{11}{50\,000\,000}$
La différence maxima de la moyenne est.....	$\frac{7}{50\,000\,000}$
La différence moyenne de la moyenne est.....	$\frac{4}{50\,000\,000}$

L'expérience montre que les longueurs d'onde étalons donneront en général la distance entre deux plans à 0,005 micron près. En transposant cette longueur sur la jauge, l'erreur dépend de la qualité de celle-ci. Les meilleures jauges qu'on pouvait choisir en 1919 sur une vingtaine de trousse de jauges Johansson à faces planes avaient des erreurs de parallélisme et de planéité, de 0,07 à 0,2 micron. Ces erreurs constituaient une incertitude de 0,07 micron dans la longueur de ces jauges. Depuis 1919, les jauges du Bureau of Standards ont été maintenues dans ces limites de variation. Cette année, M. Johansson a soumis à l'examen du Bureau une trousse de 81 jauges, presque toutes planes et parallèles à 0,02 micron près, et différant de leur valeur nominale de moins de 0,05 micron. Avec des jauges de cette qualité, les résultats de deux mesures devraient être d'accord jusqu'à 0,02 micron. On a trouvé, cependant, que des jauges d'un ou 2 *inches* venant de la température de 23°, lorsqu'on les mettait dans un espace à température constante de 20° à moins de 0,01 degré près, variaient pendant environ 100 minutes. On a donc reconnu nécessaire de maintenir les jauges à la température étalon, pendant deux heures, avant de les mesurer.

Des échelles précises divisées en douzièmes d'*inch* ont été construites en calibrant, avec un interféromètre de Michelson, des intervalles mesurés en fonction des ondes lumineuses. Ainsi, la Compagnie Brown et Sharpe utilise, dans ses appareils à mesurer, douze échelles construites à ce Bureau et divisées en douzièmes d'*inch*, calculées en fonction des longueurs

d'onde. On a construit des échelles subdivisées en millimètres, au moyen d'ondes lumineuses, par intervalles de 10 microns, pour le calibrage des microscopes à micromètres. L'erreur pour un intervalle quelconque est inférieure à 0,02 micron. Tous les hémacytomètres mesurés à ce Bureau le sont en partant d'un étalon évalué en ondes lumineuses.

2. On recommande que la Conférence accepte la relation suivante entre le Yard et le Mètre

$$1 \text{ Yard} = 0,9144 \text{ Mètre,}$$

et

$$1 \text{ inch} = 25,4 \text{ millimètres,}$$

d'où

$$39,370078 \text{ inches} = 1 \text{ Mètre.}$$

La valeur actuelle reconnue officiellement aux États-Unis, de 39,37 Inches = 1 Mètre, diffère de la valeur légale dans le Royaume-Uni (39,370113 Inches = 1 Mètre), d'environ 2,5 millièmes. Avec des longueurs aussi petites que l'inch, cette différence est encore bien mesurable; la nécessité d'uniformité dans tous les pays est évidente.

L'avantage de la valeur proposée sur celles qui ont été mentionnées, est de réduire sensiblement le nombre de chiffres décimaux dans les valeurs proportionnelles entre le Yard et le Mètre, et entre l'inch et le millimètre. Elle a aussi celle de se trouver entre les valeurs reconnues officiellement par le Royaume-Uni et les États-Unis.

Un autre argument en faveur de l'adoption de la recommandation ci-dessus réside dans le fait que, dans tous les passages mécaniques d'un système d'unités à l'autre, c'est-à-dire des inches aux millimètres, ou réciproquement, par un train d'engrenages et vis mères, la relation proposée est déjà universellement employée

3. On recommande que la Conférence adopte 20° C. (68° F.) comme la température normale à laquelle les étalons industriels de longueur auront leur valeur nominale, et que, dans tout calibrage, l'étalon de longueur soit maintenu pendant deux heures à la température étalon, à $\pm 0,01$ degré près avant l'exécution des mesures.

Deux raisons importantes militant en faveur de l'adoption de 20° C. sont les suivantes: la première est que cette température convient à l'usage des étalons industriels; la seconde, c'est qu'elle est presque universellement employée aux États-Unis, et aussi très répandue dans les pays d'Europe. Les seules exceptions importantes sont l'Angleterre et la France. En Angleterre, 62° F. (16 2/3° C.) et en France 0° C. (32° F.) sont en usage. On considère ces deux températures comme trop basses pour la pratique, et leur emploi est trop restreint pour justifier leur adoption universelle.

En ce qui concerne les étalons industriels, l'usage d'une température normale différant beaucoup de celle à laquelle on emploie généralement les étalons, prête surtout le flanc à cette objection qu'elle exige l'adoption d'un coefficient de dilatation déterminé, pour l'étalon et pour toute matière mesurée au moyen de cet étalon. Où l'on exige des dimensions précises, comme dans les calibres étalons, cet usage conduirait probablement à une confusion, à des erreurs, et à une impossibilité d'échanger entre elles les pièces mesurées.

4. On recommande que la Conférence examine s'il est désirable que les certificats délivrés par le Bureau International des Poids et Mesures contiennent toutes les données dont il a été tenu compte, afin de permettre que les conditions des comparaisons soient

connues et reproduites, et que la réduction aux conditions normales, par les laboratoires nationaux, pour l'établissement d'étalons, puisse être faite le plus exactement possible.

En ce qui concerne les étalons de longueur, ces données devraient comprendre les températures de comparaison, le coefficient de dilatation, le mode d'appui, la façon d'éclairer l'étalon dont il est question dans le certificat, l'indication de l'étalon de comparaison, l'équation représentant la dilatation, et toutes les autres conditions susceptibles d'influencer la possibilité de reproduction de l'étalon.

5. En raison des nécessités toujours croissantes d'une connaissance des longueurs exactes des Mètres prototypes nationaux, on recommande que la Conférence prie le Bureau International des Poids et Mesures d'accélérer l'étude des longueurs et des coefficients de dilatation thermiques de ces étalons, afin que tous les changements aux certificats soient autorisés par la huitième Conférence générale.

Le besoin d'une telle révision est démontré par le tableau suivant :

	Mètre n° 27.	Mètre n° 21.	Mètre n° 4 (1874).	Mètre n° 12 (1874).
Correction à 0° déduite du certificat..	-1 ^μ ,6	-2 ^μ ,5	-5 ^μ ,9	+3 ^μ ,3
Coefficient admis en 1889.....	$\left\{ \begin{array}{l} 8657 T \\ +1,00 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$	$\left\{ \begin{array}{l} 8665 T \\ +1,00 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$	$\left\{ \begin{array}{l} 8655 T \\ +1,00 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$	$\left\{ \begin{array}{l} 8634 T \\ +1,00 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$
Correction à 20° déduite du certificat.	+171 ^μ ,9	+176 ^μ ,2	+167 ^μ ,6	+176 ^μ ,4
Nouveau coefficient, communiqué au Bureau of Standards par le Bureau international dans la lettre du 5 décembre 1925.....	$\left\{ \begin{array}{l} 8621 T \\ +1,77 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$	$\left\{ \begin{array}{l} 8621 T \\ +1,77 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$	$\left\{ \begin{array}{l} 8600 T \\ +1,77 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$	$\left\{ \begin{array}{l} 8600 T \\ +1,77 T^2 \end{array} \right\} 10^{-9}$
Correction à 20°, en employant les nouveaux coefficients,.....	-171 ^μ ,5	-175 ^μ ,6	+166 ^μ ,8	+176 ^μ ,0
Nouvelle valeur à 0°, communiquée dans la lettre du 5 décembre 1925.			- 5 ^μ ,0	
Nouvelle valeur à 20°.....			+167 ^μ ,7	
Écarts des nouvelles valeurs provisoires à 0°.....			+ 0 ^μ ,9	
Écarts des nouvelles valeurs provisoires à 20°, tirées du certificat et de la lettre du 5 décembre 1925....	- 0 ^μ ,4	- 0 ^μ ,6	$\left\{ \begin{array}{l} - 0μ,8 \\ + 0μ,1 \end{array} \right\}$	- 0 ^μ ,4

II.

SUR LA DÉFINITION DU MÈTRE.

PROPOSITION TRANSMISE PAR LA LÉGATION DE LA RÉPUBLIQUE D'AUTRICHE A PARIS (1).

Le Bureau fédéral estime nécessaire d'attirer l'attention de la Septième Conférence générale sur le fait que, tenant compte de l'exactitude actuelle des mesures de longueur, la définition du Mètre a besoin d'être complétée, de sorte qu'à la détermination à la température de 0° vienne s'ajouter : *en position horizontale*.

Il va sans dire qu'une règle selon sa position horizontale ou verticale, suspendue ou posée sur son extrémité, accuse des longueurs différentes; il ne s'agit cependant que de la grandeur de la différence et de sa proportion avec les erreurs possibles des mesures qui peuvent être obtenues dans chaque cas.

D'après la formule de Hooke, qui s'applique évidemment à une règle aussi peu chargée que possible, ce qui se produit apparemment si elle ne supporte que son propre poids, un mètre droit en platine, s'il est suspendu verticalement ou posé sur son extrémité, accuse, vis-à-vis de la position horizontale, un allongement ou un raccourcissement de 0^m,65, quantité qui n'est nullement négligeable. Un travail accompli dans le laboratoire de la Commission du Jaugeage normal à Vienne et publié dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de Vienne*, a montré que la valeur de cet allongement ou de ce raccourcissement est mesurable, et qu'il répond parfaitement à la formule de Hooke.

Pour prévenir l'objection possible qu'une modification de la définition du Mètre devrait également porter sur l'influence exercée par le support du prototype, il y a lieu de faire remarquer que la grandeur du changement résultant, pour la longueur d'une règle, de l'action du support, ne saurait être comparée au changement de sa longueur provenant de sa position (horizontale ou verticale, suspendue ou reposant sur son extrémité) (2). La définition du Mètre, qui ne prévoit pas le support du prototype, est incomplète, au point de vue de la pratique, qui doit seule être prise en considération; la définition cependant qui omettrait de spécifier la position, serait de nos jours défectueuse, même pour la pratique.

(1) Voir ci-dessus *Troisième séance*, p. 48.

(2) O.-J. BROCH, *Comparaison des règles dans le comparateur Brunner*, Chap. II, *Flexions des règles placées sur deux supports* (*Trav. et Mém.*, t. VII, p. B.62, 1890).

III.

**SUR L'EXTENSION PROPOSÉE DES FONCTIONS DU BUREAU INTERNATIONAL
DES POIDS ET MESURES.****MÉMORANDUM DE LA DÉLÉGATION BRITANNIQUE.**

Les termes de l'article 7 de la Convention révisée en 1921 ont été examinés très minutieusement par les représentants des Sociétés et Institutions scientifiques et industrielles, ainsi que des Départements intéressés, en Grande-Bretagne: cet examen a conduit aux conclusions suivantes :

1. Considérant que les unités électriques (et en général d'autres unités dérivées) sont définies directement par la théorie ou l'empirisme en se rapportant aux unités fondamentales de la longueur, de la masse et du temps (mètre, kilogramme et seconde), et étant donné qu'avec l'outillage nécessaire, ces unités peuvent être reproduites avec toute la précision réalisable en tous temps et en tous lieux en se rapportant directement à leurs définitions, il est tout à fait impossible d'accorder à un groupe particulier d'appareils matériels, qui est censé représenter des unités dérivées, et qui est conservé par un laboratoire central international, une priorité quelconque sur des appareils semblables pouvant être établis et conservés dans le même but, soit dans les principaux laboratoires nationaux, soit en un autre lieu quelconque. Cette opinion acquiert encore plus de force si l'on tient compte de ce que tous les appareils de ce genre sont sujets à varier.

2. Il résulte de considérations purement financières qu'il serait impossible d'entretenir, au Bureau international, un laboratoire d'étalons électriques équipé et pourvu d'un personnel suffisant pour entreprendre la réalisation, en partant des premiers principes, d'unités électriques, c'est-à-dire de faire des mesures absolues de quantités électriques, et de mettre sur pied des appareils étalons, dont les valeurs fussent déterminées avec précision, en les déduisant directement de la définition des unités internationales. En particulier, si l'on envisageait que des appareils établis de cette façon et conservés par le Bureau international dussent être considérés comme supérieurs aux appareils analogues, conservés par les principaux laboratoires nationaux, il serait nécessaire, pour le Bureau, d'être pourvu d'un matériel et d'un personnel notablement supérieur à ceux des laboratoires nationaux, ce qui entraînerait des dépenses prohibitives.

3. Nous envisageons néanmoins que le Comité international et le Bureau pourraient exercer utilement deux fonctions ayant une grande importance en connexion avec les étalons électriques :

a. Ils pourraient continuer à opérer, ainsi qu'il est prévu par l'article 7 révisé, comme une organisation centrale chargée : 1° d'assurer des comparaisons entre les appareils étalons des principaux laboratoires nationaux, basés sur une dérivation directe des unités définies; 2° de centraliser les résultats de ces comparaisons; 3° de déterminer de temps en temps les meilleures valeurs moyennes et les corrections qu'il faut appliquer aux différents appareils

individuels pour les mettre d'accord, aussi bien que possible, en partant des résultats obtenus, avec les unités qui ont été définies.

b. Ils pourraient conserver (sans les réaliser directement en partant des définitions mêmes des unités électriques) des groupes indépendants d'appareils dont les valeurs et les corrections pourraient être déterminées par leur introduction dans les séries de comparaisons auxquelles il est fait allusion dans l'alinéa *a.* Ces appareils, avec les corrections ainsi déterminées, pourraient servir aux comparaisons directes d'autres appareils, employés comme références, par des pays autres que ceux dont il est question en *a.*

4. Il est peut-être désirable d'insérer ici une note explicative concernant les idées générales sur lesquelles sont fondées les conclusions ci-dessus, qui paraissent en harmonie avec les intentions de la Conférence de 1921.

En premier lieu, on considère que, dans le cas d'unités dérivées telles que les unités électriques, il ne peut pas y avoir d'*étalons matériels* dont la valeur serve à *définir les unités*. Des appareils sont construits, et les valeurs déduites de ces appareils sont déterminées avec la plus grande précision possible, en relation avec des unités théoriquement définies. De semblables déterminations sont, cependant, toujours affectées d'erreurs, et l'appareil lui-même est susceptible de varier. Il ne peut pas, en conséquence, être, en toutes circonstances, considéré comme un étalon matériel, susceptible d'être exactement substitué à la définition théorique de l'unité.

Par comparaison d'un certain nombre de semblables appareils, dont chacun a été déterminé d'une façon indépendante aussi bien que possible en fonction de l'unité théorique, on fixe une valeur moyenne, qui représente probablement mieux que la valeur, directement déterminée, d'aucun appareil individuel, la définition vraie de l'unité théorique. Cette valeur moyenne ne peut pas être substituée à l'unité théorique, mais, si des corrections appropriées sont appliquées à la valeur de chacun des appareils individuels qui ont servi à fixer la valeur moyenne, les valeurs ainsi corrigées seront en concordance, et chacune pour son compte pourra être considérée comme représentant, avec la même précision, la valeur la plus exacte qui puisse être atteinte à l'époque des déterminations. Cette valeur moyenne peut être désignée comme l'« étalon international » pour l'époque considérée.

Toutefois, il importe de se rendre compte clairement du fait qu'un semblable étalon ne saurait être l'équivalent précis de l'unité théorique, parce qu'il est susceptible d'être en tout temps surpassé en précision, comme résultat de mesures plus exactes, et ne peut être identifié à aucun appareil matériel déterminé.

C'est dans ce sens seulement que l'expression « étalon international », appliquée aux unités électriques, doit être comprise; et il résulte que l'étalon international sera conservé, par les principaux laboratoires nationaux, avec une précision égale à celle qui peut être réalisée par le Bureau international; en conséquence, les appareils conservés par le Bureau et les certificats émanant de lui, en ce qui concerne les comparaisons faites avec de tels appareils, ne peuvent pas avoir une autorité plus grande que les appareils et les certificats correspondants délivrés par ces laboratoires.

5. L'expérience des six années écoulées, le fait que le travail de coordination confié au Comité international par la Conférence de 1921 n'est pas terminé à l'heure actuelle, et que le programme de la présente Conférence ne contient pas de propositions précises sur lesquelles il serait possible d'échelonner les attributions nouvelles envisagées à l'article 7 pour le Bureau, et consistant à installer et à conserver des « étalons des unités électriques »,

montrent que des changements sont désirables dans la rédaction de la Convention et dans la manière de procéder du Comité, si l'on veut assurer au nouveau travail prévu pour le Bureau une exécution satisfaisante.

En premier lieu, les termes de la Convention elle-même devraient être modifiés pour définir clairement que les appareils conservés au Bureau (autres que les étalons fondamentaux du Mètre et du kilogramme) n'ont pas en eux-mêmes le caractère essentiel d'étalons ou de prototypes internationaux, mais sont simplement des exemples pris parmi un certain nombre d'appareils analogues, et dont chacun, après application de corrections appropriées, peut être admis comme représentant l'étalon international accepté pour l'époque actuelle.

En second lieu, on regarde comme essentiel que toutes décisions concernant les unités et étalons électriques soient prises d'accord avec un Comité composé en grande partie de spécialistes des principaux laboratoires nationaux. Ce Comité spécial serait chargé de fixer la procédure générale à suivre, en organisant les intercomparaisons des appareils conservés par les laboratoires nationaux principaux, et ferait des propositions au Comité international :

- a.* Sur la forme des appareils à employer au Bureau international.
- b.* Sur la meilleure valeur moyenne devant être adoptée de temps en temps, en concordance avec laquelle les corrections de ces appareils, et des appareils analogues appartenant aux différents laboratoires nationaux, devraient être exprimées.
- c.* Sur la manière dont le Bureau effectuera les comparaisons entre d'autres appareils et les siens.
- d.* Sur tous changements pouvant être envisagés à tout instant dans la définition des unités.

En troisième lieu, le Comité international, en plus de ses obligations actuelles, aurait à examiner les rapports du Comité spécial. Il aurait le pouvoir ou de les adopter, ou de renvoyer pour un examen ultérieur, à ce Comité, ses recommandations, mais sans avoir qualité pour les modifier de lui-même. Les recommandations scientifiques du Comité spécial, lorsqu'elles auraient été adoptées par un vote unanime du Comité international, devraient avoir effet à partir d'une date convenable, déterminée par le Comité international, et notifiée en temps utile aux pays contractants, sans attendre nécessairement la confirmation par une Conférence générale. Le Comité international pourrait être appelé à siéger, si cela était nécessaire, dans le but de recevoir et de mettre en discussion tous rapports présentés par le Comité spécial, à des intervalles n'excédant pas une année.

Le Comité spécial serait un comité permanent, et aurait le devoir de réviser son travail à des intervalles déterminés (par exemple au moins une fois dans chaque période sexennale), ou lorsque des circonstances spéciales sembleraient rendre une révision désirable. Il pourrait se réunir en tous temps et en tous lieux, mais son travail serait probablement effectué en grande partie par correspondance.

6 Si la Convention était révisée de manière à rendre effectives les suggestions ci-dessus, il deviendrait obligatoire pour chacun des États contractants de faire effectuer par son laboratoire national, d'accord avec le programme préparé par le Comité spécial, des comparaisons des appareils qu'il possède, avec tous autres appareils correspondants, qui lui auraient été soumis pour cet objet.

Il faut bien se rendre compte du fait que ce projet entraînera des obligations financières considérables pour les plus grands pays qui entretiennent des laboratoires nationaux dans

lesquels de semblables appareils peuvent être vérifiés en partant de la définition des unités théoriques. Ces pays bénéficieront du travail de coordination effectué par le Comité international, mais ne tireront aucun avantage du fait que des appareils seront réellement conservés au Bureau. Ce sont les autres pays qui profiteront des comparaisons faites au Bureau international avec ces appareils.

On ne considère pas comme désirable qu'un système de taxes soit introduit pour des comparaisons faites par le Bureau à la demande des États contractants; mais tout projet de subvention additionnelle demandée par le Bureau en vue de lui permettre de faire face aux obligations nouvelles à lui assignées concernant les étalons électriques devrait s'inspirer des principes ci-dessus; le schéma actuel basé sur la population, apparaît, à leur lumière, comme mettant à la charge des plus grands pays des sommes disproportionnées avec les bénéfices qu'ils retireront du travail additionnel effectué par le Bureau.

7. Un autre paragraphe de l'article 7 révisé s'occupe de la question des déterminations des constantes physiques. Pour autant que le principe s'applique à des coefficients reliés à des questions électriques, on considère que le mieux serait que les déterminations nécessaires fussent entreprises par un ou plusieurs des principaux laboratoires nationaux, et que les fonctions d'une organisation internationale fussent limitées ici à des questions de coordination. Nous pensons que telle a été l'intention de la Conférence de 1921, et la Convention devrait être modifiée pour la faire ressortir clairement.

8. Il ne semble pas que la Conférence générale de 1927 sera à même de donner un effet immédiat aux changements suggérés. On propose par conséquent que la Conférence soit priée de laisser ses instructions au Comité international en vue de procéder immédiatement à l'institution de deux Comités spéciaux :

a. Un Comité chargé d'examiner les résultats des intercomparaisons actuellement en cours, en relation avec les étalons électriques, de recommander qu'il soit fait état de ces résultats, et, en général, de s'occuper de toutes questions techniques ayant trait à l'attribution de nouvelles fonctions, concernant de tels étalons, au Bureau international. En conséquence, ces instructions devraient être accompagnées d'une proposition relative à la question financière initiale et annuelle permettant de rendre la chose effective.

b. Un second Comité pourrait préparer, en se mettant d'accord, aussi complètement que possible, avec les délégués nationaux et de la façon la plus commode pour les États contractants, un schéma de révision des termes de la Convention, en y comprenant les questions financières, dans le but d'assurer l'exercice rationnel de ces nouvelles fonctions.

Le premier de ces Comités spéciaux devrait être composé de spécialistes des principaux laboratoires nationaux, nommés par leurs Gouvernements respectifs, et comprendre en même temps deux ou trois membres nommés par le Comité international, dont l'un remplirait les fonctions de président.

La constitution du second Comité spécial doit être laissée à la décision du Comité international. Il devrait y avoir invitation : 1° pour chacun des Comités spéciaux, à faire un rapport dans les douze mois au Comité international, et 2° pour le Comité international, de veiller à ce que des propositions pour la révision de la Convention soient présentées, dans les deux ans qui suivront la Conférence de 1927, aux Gouvernements des États contractants. Parmi ces propositions, pourrait figurer, s'il semblait nécessaire, celle d'une Conférence spéciale réunie en 1930, afin de donner un prompt effet à la révision demandée.

IV.

TEXTE

concernant l'adoption d'une échelle internationale de température.

SOU MIS, POUR LA DISCUSSION, PAR LE BUREAU OF STANDARDS,
LE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY ET LA PHYSIKALISCH-TECHNISCHE REICHSANSTALT.

(Substitué à un premier Rapport présenté en août 1927 par le Bureau of Standards.)

ÉNONCÉ.

L'expérience du Bureau of Standards, comme celle du National Physical Laboratory et de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, a indiqué, depuis longtemps, la nécessité, pour des usages industriels, d'une entente internationale sur une échelle des températures dans l'intervalle compris entre celle de l'oxygène liquide et celle des corps lumineux par incandescence. Comme résultat d'une longue discussion entre ces trois laboratoires, nous donnons, ci-après, les définitions relatives à une échelle pratique, qui assure une base satisfaisante, sur laquelle on peut maintenir l'uniformité dans l'énoncé des températures pour les usages industriels.

Il est entendu que cette proposition ne suppose pas le remplacement de l'échelle absolue des températures, mais qu'on en recommande, en principe, l'adoption par la Conférence générale des Poids et Mesures. On désire seulement représenter cette échelle d'une façon pratique, avec une exactitude qui suffise aux besoins quotidiens des Laboratoires, pour des déterminations industrielles; on doit la regarder comme susceptible de révision et d'amendement, lorsqu'on possédera des méthodes de mesure plus précises.

Cette échelle sera adoptée sans retard par les trois Laboratoires pour les buts indiqués; et ce texte est présenté à la Conférence avec la recommandation qu'il soit officiellement adopté (avec les changements jugés nécessaires, s'il y a lieu) comme étant, à l'heure actuelle, la meilleure réalisation pratique de l'échelle thermométrique idéale.

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
$t_p = t_{760} + 0,0126(p - 760) + 0,000065(p - 760)^2.$	
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).....	0,000
c. Température d'équilibre entre l'eau liquide et sa vapeur à la pression d'une atmosphère normale (Point d'ébullition de l'eau)...	100,000
$t_p = t_{760} + 0,0367(p - 760) - 0,000023(p - 760)^2.$	
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
$t_p = t_{760} + 0,0909(p - 760) - 0,00004(p - 760)^2.$	
e. Température d'équilibre entre l'argent solide et son liquide à la pression d'une atmosphère normale (Point de fusion 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 fusion 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 de 13,595 grammes 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 le dernier chiffre décimal donné, pour chacun 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

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

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

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

où l'on détermine les constantes R_0 , A et B comme nous l'avons indiqué ci-dessus, et 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 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 R_t/R_0 inférieur à 0,250 pour $t = -183^\circ$.

c. De 660°C . jusqu'au point de fusion 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 une température constante, 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'or et de l'argent.

d. Au-dessus du point de fusion 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 en centimètres 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 fusion de l'or.

La formule

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

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

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'hypsomètre 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'écran soit à 6^{cm} au moins au-dessus de la surface libre du liquide, et le bout supérieur 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. Une lame protectrice horizontale doit être placée au-dessous du thermomètre, pour intercepter le rayonnement du liquide chauffé. 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, sur une longueur de 3^{cm} au moins.

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 en 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 un 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 qui, s'ils ne diffèrent pas de plus de 2 microvolts, sont considérés comme satisfaisants.

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

Le fil de platine du thermomètre doit être monté de façon qu'il soit soumis 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 détermination, on doit recuire le thermomètre à une température de 660° au moins.

7. *Le thermocouple étalon.* — Le platine du thermocouple étalon doit être assez pur pour que le quotient 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 tempé-

rature 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

$$t_p = t_{760} + 0,1443(t_p + 273,2) \log_{10}(p/760).$$

Température de solidification du mercure..... — 38,87

Température de transition du sulfate de sodium..... 32,38

Température de condensation de la vapeur de naphthaline..... 217,96

$$t_p = t_{760} + 0,208(t_p + 273,2) \log_{10}(p/760).$$

Température de solidification de l'étain..... 231,85

Température de condensation de la vapeur de benzophénone..... 305,9

$$t_p = t_{760} + 0,194(t_p + 273,2) \log_{10}(p/760).$$

Température de solidification du cadmium..... 320,9

Température de solidification du plomb..... 327,3

Température de solidification du zinc..... 419,45

Température de solidification de l'antimoine..... 630,5

Température de solidification du cuivre dans une atmosphère réductrice..... 1083

Température de solidification du palladium..... 1555

Température de fusion du tungstène..... 3400

V.

REMARQUES

sur le texte proposé pour l'adoption d'une échelle internationale de température.

PRÉSENTÉES PAR LE LABORATOIRE CRYOGÈNE DE LEYDE.

1. Le Laboratoire Cryogène de Leyde ne peut pas admettre la valeur $-183^{\circ},00$ pour la température d'ébullition de l'oxygène. Il insiste pour que ce point soit porté à $-182^{\circ},95$. Le premier de ces points dépend de la valeur déterminée à la Reichsanstalt pour le coefficient de pression de l'hélium entre 0° et 100° ; mais cette valeur est incorrecte. Nous avons exécuté récemment de nouvelles mesures sur le coefficient de pression de l'hélium entre 0° et 100° . Les calculs ne sont pas encore complètement terminés, mais cependant ils confirment nettement cette conclusion. En acceptant le coefficient de pression employé à Leyde, les mesures faites à la Reichsanstalt sur le point d'ébullition de l'oxygène concordent avec la valeur de Leyde.

2. Nous préférons une formule parabolique pour représenter la température d'ébullition en fonction de la pression pour la région restreinte dont il s'agit.

3. En ce qui concerne la proposition pour la région de -193° jusqu'au point de fusion de la glace, nous devons insister sur le fait que la validité de la formule

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} 100 + \delta \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100} + \beta \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t^3}{100^3},$$

avec δ et β déterminés comme le spécifie le rapport, repose seulement sur une série de mesures directes, savoir celles qui ont été mentionnées par M. Van Dusen dans sa Note publiée par le *Journal of the American Chemical Society* (1), et effectuées avec les thermomètres étalons du Bureau of Standards, seulement à une température de contrôle, savoir le point de sublimation de l'acide carbonique. Toutes les autres preuves sont indirectes. Aussi, autant qu'on puisse voir, les thermomètres de la Reichsanstalt n'ont pas été étalonnés au point d'ébullition du soufre, bien qu'ils aient été exposés à une température voisine de ce point.

Ces expériences ne paraissent pas offrir un point de départ suffisant pour l'établissement d'une échelle internationale de température.

Récemment, des mesures ont été faites au Laboratoire Cryogène de Leyde avec deux thermomètres de platine, aux points du soufre, de l'eau, de l'acide carbonique et de l'oxygène. Les thermomètres ne sont malheureusement pas conformes à la condition suivante : δ ne doit pas être supérieur à 1,50; le platine de l'un des deux nous a été aimablement envoyé pour cet usage par le Bureau of Standards. Cependant, ils sont conformes à la condition que R/R_0 ne soit pas plus petit que 2,645 pour $444^{\circ},6$, et ce quotient n'est

(1) t. XLVII, 1925, p. 326.

pas supérieur à 0,250 pour le point d'ébullition de l'oxygène. Les fils ont été montés de telle façon qu'ils soient soumis au minimum possible de contrainte mécanique.

Nous avons trouvé :

	α .	δ .	β .	$t_{0,2}$ calc. d'après la résistance.	$t - t_{0,2}$ calc.
Pt 39 (^a).....	0,0030119	1,553	0,0756	-78,26	-0,25
Pt 41 (^b).....	0,0039231	1,541	0,0801	-78,34	-0,17

(^a) Platine de la Maison Heraeus. (^b) Platine américain.

4. Dans les spécifications pour le thermomètre étalon à résistance, nous préférierions la rédaction : le diamètre du fil ne doit pas être inférieur à 0,05^{mm} ni supérieur à 0,2^{mm}.

5. L'étalonnage de nos thermomètres Pt 39 et Pt 41, aux points de l'oxygène et de la glace, et au point calculé du mercure, n'a pas donné des valeurs satisfaisantes pour le point de sublimation de l'acide carbonique. Il s'est manifesté des différences de 0,21 et 0,14 degré.

6. En ce qui concerne les points 1, 3 et 5 ci-dessus, il semble impossible que les Laboratoires intéressés puissent s'entendre pour proposer à la Conférence générale des Poids et Mesures, qui se tiendra ce mois-ci, une échelle de température qu'ils puissent garantir, à un centième de degré près, pour les basses températures, jusqu'à -193°. Le Laboratoire de Leyde attend une proposition du Bureau international des Poids et Mesures pour une Conférence thermométrique internationale.

VI.

RECOMMANDATIONS

**concernant l'établissement et la conservation d'unités internationales d'Électricité,
de Photométrie et de Radiométrie.**

MÉ MORANDUM DU BUREAU OF STANDARDS DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

La Convention internationale modifiée, et signée à Sèvres le 6 octobre 1921, prévoit que :

ART. 7. — « Après que le Comité aura procédé au travail de coordination des mesures » relatives aux unités électriques, et lorsque la Conférence générale en aura décidé par un » vote unanime, le Bureau sera chargé de l'établissement et de la conservation des étalons » des unités électriques et de leurs témoins, ainsi que de la comparaison, avec ces étalons, » des étalons nationaux ou d'autres étalons de précision.

» Le Bureau est chargé, en outre, des déterminations relatives aux constantes physiques » dont une connaissance plus exacte peut servir à accroître la précision et à assurer mieux » l'uniformité dans les domaines auxquels appartiennent les unités ci-dessus mentionnées » (article 6 et premier alinéa de l'article 7).

» Il est chargé, enfin, du travail de coordination des déterminations analogues effectuées » dans d'autres Instituts. »

La Convention contenait, depuis l'origine, les dispositions suivantes :

ART. 8. — « Les prototypes internationaux, ainsi que leurs témoins, demeureront » déposés dans le Bureau; l'accès du dépôt sera uniquement réservé au Comité inter- » national. »

Les unités électriques prévues étaient l'ohm, l'ampère, et telles unités dérivées qui pourraient devenir l'objet d'ententes internationales. Il y a, cependant, d'autres unités et d'autres étalons qui ne sont pas électriques à proprement parler, mais qui sont employés en électricité, et sur lesquels un accord international est également nécessaire. Ceux-ci comprennent l'unité photométrique (la bougie) et les étalons de fréquence en T. S. F. On trouvera ci-après des notes particulières sur ces questions; toutefois, certaines conditions s'appliquent à ces unités, ainsi qu'aux unités purement électriques; il convient de les examiner en même temps que ces dernières.

On peut exposer brièvement ces conditions comme suit :

1. Il n'y a pas d'étalons concrets et permanents qui puissent être conservés comme représentant les valeurs acceptées des unités.

2. Une recherche étendue est nécessaire pour établir avec précision les valeurs correctes que l'on adoptera par une entente internationale.

3. Quand on sera arrivé à un accord sur des valeurs internationales précises pour les unités, il faudra que celles-ci soient représentées par des étalons de référence et par des étalons de travail, dont on se servira pour les épreuves pratiques, et qu'il faudra vérifier de temps en temps par des procédés qui seront nécessairement une répétition des recherches mentionnées au paragraphe 2.

4. On ne peut pas supposer qu'aucun laboratoire ait une telle prédominance ni de personnel ni d'organisation, pour que ses décisions soient acceptées sans être vérifiées par des investigations indépendantes. Les meilleures valeurs seront obtenues en faisant exécuter les recherches dans le plus grand nombre de laboratoires possible, surtout dans les Laboratoires nationaux où sont établis les étalons, et en combinant les résultats par le moyen de comparaisons des étalons, ainsi que par la discussion mutuelle des méthodes.

En raison des conditions ci-dessus exprimées, il semble désirable que la Conférence générale autorise le Comité international à procéder à la coordination des mesures électriques, photométriques et radiophoniques, et à organiser de telles mesures au Bureau international, mais non pas à établir de prototypes ni d'étalons primaires, avant qu'une autorisation subséquente lui soit donnée.

On pense que le progrès le plus rapide sera réalisé en faisant entreprendre par le Bureau international les travaux suivants dans l'ordre indiqué :

a Un secrétariat central pour faciliter un échange systématique d'étalons et un résumé des résultats d'intercomparaisons ainsi faites entre les étalons des laboratoires nationaux.

b Un laboratoire où l'on puisse apporter les étalons représentant les résultats obtenus dans les différents pays, pour en faire des comparaisons plus précises.

c Un dépôt pour les étalons internationaux de référence et de travail, avec les appareils nécessaires pour que les autres étalons puissent, sur demande, être comparés avec ces étalons internationaux.

d Un laboratoire de recherches, qui puisse assurer la conservation des étalons internationaux par le moyen de vérifications selon les définitions fondamentales.

(Nous pensons que, au moment où l'on pourrait équiper un laboratoire convenable pour les recherches fondamentales prévues sous *d*, on sera d'accord sur les valeurs des diverses unités; si une dotation suffisante était accordée au Bureau international, celui-ci pourrait s'entendre avec les Laboratoires nationaux pour les comparaisons périodiques entre les étalons de référence et les étalons fondamentaux, ou les instruments dont il pourrait avoir besoin pour assurer le maintien de valeurs exactes des unités.)

En ce qui concerne les unités électriques, le Bureau international a déjà entrepris d'accomplir la première fonction. Il pourrait, si le Comité le décidait, élargir promptement ce travail pour comprendre les étalons photométriques et radiométriques. Pour exécuter les fonctions *c* et *b*, il faudra, par conséquent, établir un laboratoire pourvu d'une série assez complète d'appareils électriques et photométriques, mais il ne sera pas nécessaire, pour cela, d'avoir les appareils ni aussi complets ni aussi spéciaux qu'il en faudra d'abord pour établir les étalons primaires, et ensuite pour vérifier les étalons de référence en fonction des définitions fondamentales.

Des indications détaillées au sujet des unités électriques internationales, l'unité internationale de la bougie et l'établissement des étalons internationaux pour les radio-fréquences, sont données ci-après.

ÉTAT DES UNITÉS ÉLECTRIQUES INTERNATIONALES
se rapportant surtout au travail futur du Comité international des Poids et Mesures
et du Bureau international.

Tandis que les bases légales pour les unités électriques employées dans les différents pays montrent quelques différences quant à la forme, les unités réellement employées sont en bon accord. Cet accord a été établi par le travail de la *Conférence internationale des Unités et Étalons électriques*, tenue à Londres en 1908, et par celui du *Comité Technique international*, réuni à Washington en 1910.

Les comparaisons faites par ce dernier Comité ont montré que les étalons de résistance employés dans les différents pays s'accordaient en général; elles ont donné, pour résultat, une valeur de l'élément étalon Weston acceptée par tous les pays. Depuis 1910, les unités ont été conservées par quelques-uns des Laboratoires nationaux de façon indépendante, et des intercomparaisons n'ont été faites qu'irrégulièrement; cependant, le degré d'accord qu'on a maintenu semble entièrement satisfaisant.

Pour assurer à l'avenir la conservation de valeurs uniformes et constantes, il est tout d'abord désirable que les Laboratoires nationaux fassent des vérifications de leurs étalons de travail avec les étalons fondamentaux, plus fréquemment qu'ils n'ont pu le faire pendant les dix années écoulées; et, en second lieu, que l'on fasse des intercomparaisons plus fréquentes et plus systématiques entre les divers Laboratoires nationaux. Le Comité international a récemment provoqué ce travail d'intercomparaisons.

Pour établir un plan de travail entièrement satisfaisant pour les mesures électriques, le Comité international pourrait prendre en considération quelques problèmes plus fondamentaux que la simple comparaison et la conservation des unités actuelles. En particulier, on doit arriver à une décision définitive sur deux questions de principe que l'on peut formuler comme suit :

1. Doit-on maintenir aussi exactement que possible les valeurs actuelles acceptées pour l'ohm, l'ampère et pour d'autres unités, ou doit-on modifier leurs valeurs de façon qu'elles concordent plus exactement avec les définitions du Système centimètre-gramme-seconde ?
2. Doit-on continuer à exprimer les définitions en fonction de la colonne de mercure et du voltamètre à argent, ou doit-on appliquer directement les définitions dans le système C. G. S. ?

(Comme question subsidiaire, si l'on doit garder la colonne de mercure comme étant à la base de la définition de l'ohm, il faudra peut-être modifier cette définition pour tenir compte de l'existence d'isotopes du mercure et la possibilité qu'ils s'y trouvent dans des proportions variées. On pourrait y parvenir, soit en précisant la densité du mercure employé, soit en prescrivant la section transversale au lieu de la masse de la colonne de mercure. Les deux isotopes de l'argent n'ont pas été séparés, et il n'est peut-être pas nécessaire de les prendre en considération, en connexion avec les résultats donnés par le voltamètre à argent.)

Valeurs des unités internationales. — En ce qui concerne la première question, c'est-à-dire la détermination possible de valeurs des unités internationales, la différence entre l'ampère absolu et l'ampère international actuel semble inférieure à $\frac{1}{100000}$; mais l'ohm international est probablement plus grand que l'ohm absolu de $\frac{2}{100000}$. Par conséquent, si l'on adoptait

les unités absolues, la valeur numérique dérivée pour la force électromotrice de l'élément Weston normal serait augmentée d'environ $\frac{4}{10000}$, tandis que la valeur numérique pour une résistance réelle donnée serait augmentée de $\frac{5}{10000}$.

Un tel changement causerait une difficulté considérable pour les laboratoires qui exécuteront des recherches de haute précision, parce qu'un grand nombre d'appareils sont étalonnés avec précision en fonction de l'ohm international. Actuellement, le moyen le plus simple serait de garder les anciennes unités, en faisant seulement les changements minimaux nécessaires pour assurer un meilleur accord international. Il est cependant fâcheux de perpétuer la différence entre les unités électriques et les unités mécaniques. A l'époque actuelle, la suppression de la différence modifierait seulement le travail scientifique, dans lequel on peut faire une correction sans qu'il en résulte des malentendus sérieux. Les nécessités de mesures précises dans l'industrie vont croissant rapidement, et le temps n'est peut-être pas éloigné où une modification de l'ordre indiqué aurait une importance industrielle. Si l'on fait, par conséquent, un changement, ce sera peut-être dans un avenir prochain. La modification pourrait bien être faite dans un seul article, si le Comité international se chargeait du contrôle de ces unités.

Étalons fondamentaux. — Un point de grande importance en rapport avec les étalons fondamentaux est le changement qui s'est produit pendant les dernières dizaines d'années en raison du développement des Laboratoires nationaux. Lorsque les unités électriques internationales furent établies à l'origine, on considérait comme nécessaire de fonder les définitions sur des appareils susceptibles d'être montés dans un laboratoire quelconque pourvu d'un équipement assez complet. Plus récemment, cependant, la pratique s'est répandue de faire crédit aux Laboratoires nationaux pour fournir à tous les autres laboratoires des étalons connus. Cette pratique concentre dans les Laboratoires nationaux la responsabilité de la conservation des étalons, et diminue l'importance des définitions en fonction d'appareils qui peuvent être installés ailleurs sans difficultés.

Le montage des appareils pour la détermination directe des unités électriques, en valeurs absolues d'après les définitions fondamentales, exige sans doute beaucoup de recherches minutieuses, exécutées par un corps de spécialistes de ces recherches. Il semble cependant que le progrès dans la technique des mesures électriques a atteint un degré tel que l'on puisse établir les unités directement d'après les définitions fondamentales, avec une certitude aussi grande que celle qu'on atteindrait en les déterminant en fonction de la colonne mercurielle et du voltamètre à argent. A la longue, il sera peut-être plus économique que les Laboratoires nationaux montent les appareils nécessaires, et qu'ils s'en servent ensuite pour vérifier leurs étalons de travail, plutôt que de faire, à intervalles fréquents, le rétablissement des valeurs par la colonne de mercure et par le voltamètre à argent. Avant que l'on puisse modifier la méthode, il faudra naturellement que plusieurs laboratoires achèvent ces déterminations, et qu'il fassent des comparaisons précises entre les résultats de ces investigations particulières. A l'heure actuelle, on pourrait faire ces comparaisons probablement le plus efficacement en faisant transporter, dans un seul Institut, des étalons de travail des différents laboratoires. On peut éventuellement désirer, comme nous l'avons indiqué ailleurs, que ces intercomparaisons soient faites au Bureau international; mais la création d'installations satisfaisantes serait un travail de plusieurs années, et, dans l'intervalle, on pourrait faire les comparaisons ailleurs.

Recommandations. — En résumé, on recommande donc que le Comité international,

dans sa session de 1927, prenne en considération : 1° les projets susceptibles de rendre effectives les comparaisons entre les étalons des Laboratoires nationaux; 2° l'organisation de vérifications plus fréquentes entre les étalons de travail et les étalons que l'on adoptera comme fondamentaux; 3° la décision de maintenir les valeurs déjà adoptées, ou de les fixer d'accord avec les définitions fondamentales C. G. S.; 4° le choix entre les anciens étalons acceptés (colonne mercurielle et voltamètre en argent) et les appareils établis selon les définitions fondamentales; 5° le plan général le plus efficace pour se servir des installations combinées des Laboratoires nationaux et du Bureau international.

Évidemment, les articles 3° et 4° devraient être pris en considération par des spécialistes très au courant des travaux déjà faits sur les étalons électriques, et connaissant les intérêts sur lesquels agirait un changement dans la valeur des unités. On propose que le Comité international crée une commission scientifique et technique temporaire des unités et étalons électriques, afin que celle-ci lui donne des avis motivés sur les questions de sa compétence, et afin qu'elle recommande des définitions pour les différentes unités électriques susceptibles d'être adoptées légalement dans tous les pays. Une telle commission pourrait être constituée par des représentants du Comité international, des divers laboratoires nationaux et des sociétés et instituts qui se sont intéressés ou qui ont aidé à l'établissement des unités électriques internationales ou aux recherches se rapportant à ces problèmes.

LA BOUGIE INTERNATIONALE.

Selon les intentions générales qui prévoient la centralisation des arrangements internationaux, concernant les unités et les étalons de mesure, entre les mains de la Conférence internationale et du Comité international des Poids et Mesures, on suggère que ces organismes s'occupent des unités et étalons photométriques. Jusqu'à présent, les accords sur la bougie ont été obtenus par des négociations directes entre quelques-uns des Laboratoires nationaux, et ceux-ci ont été acceptés par les groupes techniques dans les divers pays intéressés, ainsi que par la Commission internationale d'Éclairage. Par le moyen de ces négociations, on avait établi, en 1909, l'unité connue sous le nom de *bougie internationale*, acceptée originellement par la France, la Grande-Bretagne et les États-Unis, et, plus tard, employée dans beaucoup d'autres pays. En même temps, on avait accepté une valeur particulière pour le rapport entre la Bougie allemande Hefner et l'unité internationale.

Les étalons qui formaient la base nominale pour la Bougie internationale différaient suivant les pays, mais, dans la pratique, les unités photométriques ont été maintenues en grande partie par le moyen de lampes électriques à filament de carbone.

Le développement de nouveaux types de lampes, qui fonctionnent avec un rendement plus élevé, et qui émettent une lumière plus blanche, a causé de nouvelles difficultés, parce que les divers laboratoires, en faisant l'étalonnage depuis les lampes à filament de carbone jusqu'aux lampes à tungstène les plus récentes, ont obtenu des rapports différents. On est actuellement occupé à faire des intercomparaisons des méthodes et des étalons entre les Laboratoires nationaux, dont les résultats seront ensuite discutés dans les comités de la Commission internationale d'Éclairage. Cette dernière Commission, cependant, n'a aucune existence officielle définie, et quelques conclusions et accords qu'on y fasse auraient une plus grande autorité légale s'ils étaient ratifiés par le Comité international.

Comme nous l'avons déjà indiqué ci-dessus, les unités réellement employées dans les différents pays sont conservées en grande partie par le moyen des lampes électriques à

incandescence. Il est reconnu que celles-ci ne peuvent pas être reproduites, et que la conservation de l'unité de la façon décrite est un expédient plus ou moins temporaire. En d'autres termes, on a besoin d'un étalon primaire qui puisse être reproduit.

La plupart des travaux expérimentaux ont employé, comme étalon de brillance, un corps noir ou un radiateur intégral à une température déterminée. On a proposé surtout un radiateur intégral à la température de fusion du platine, et les valeurs pour sa brillance ont été déterminées par des procédés différents, notamment aux États-Unis et en Allemagne. Malheureusement, les résultats ne présentent pas un accord satisfaisant, et par conséquent, la question exige encore du travail expérimental avant l'établissement du radiateur intégral comme étalon primaire de lumière.

Dans ce champ, comme dans celui des unités électriques, il est désirable qu'on se serve de toutes les installations des Laboratoires nationaux, et qu'on les combine le plus efficacement avec les travaux du Comité international et du Bureau international. Il semble donc que le plus grand service que le Bureau international puisse rendre en ce moment dans ce domaine soit de servir comme bureau central pour l'échange des données expérimentales, en espérant qu'il deviendra avec le temps un dépôt pour les étalons de travail ainsi que la source des étalons pour les pays qui n'ont pas leurs propres Laboratoires nationaux.

ÉTABLISSEMENT DES ÉTALONS POUR LES RADIO-FRÉQUENCES.

Dans la mesure des radio-fréquences, comme dans celle des unités électriques et photométriques, on a fait des comparaisons étendues entre les divers Laboratoires nationaux ; mais les méthodes et les procédés employés dans ces intercomparaisons pourraient être systématisés par la Conférence internationale et le Comité international des Poids et Mesures. L'étalon de fréquence est d'une importance extrême dans la science et dans la pratique de la T. S. F., et cette importance augmente rapidement à mesure que les diverses voies de communication dans le radio-spectre sont de plus en plus remplies, en raison de l'augmentation du nombre des postes transmetteurs.

Étant donné que les signaux de T. S. F. franchissent les limites des États, l'accord sur les étalons de fréquence employés dans les divers pays est essentiel. La Conférence internationale de T. S. F. qui se réunira à Washington au mois d'octobre discutera cette question, mais il ne sera pas possible que cette Conférence accomplisse les travaux techniques nécessaires à l'établissement et à la conservation d'étalons de fréquence satisfaisants.

Comme les méthodes employées pour la mesure précise de ces hautes fréquences sont toujours en état de développement, il est trop tôt pour décider comment on pourrait conserver, dans les meilleures conditions, un étalon international. Cette question sera nécessairement l'objet d'autres recherches dans les laboratoires possédant les appareils spécialisés et coûteux qui y sont nécessaires. Les fréquences sont conservées dans des appareils pourvus de lames de quartz, qui servent d'oscillateurs piézoélectriques. Ces oscillateurs offrent un moyen commode pour faire les comparaisons entre les instruments appartenant à divers laboratoires, et si l'on donne un grand soin aux réglages de température, de constantes des circuits et d'autres conditions, on pourra rendre ces comparaisons très précises.

Cela exigera quelques années de travail, et la dépense d'importantes sommes d'argent pour outiller un nouveau laboratoire qui pourrait établir ces étalons de fréquence d'une

manière digne de confiance. Il est donc probable que l'aide la plus efficace que puisse apporter le Comité international, s'il entreprend une investigation dans ce domaine, serait de centraliser les comparaisons entre les laboratoires nationaux. Éventuellement, on pourrait déposer des étalons de travail, comme les oscillateurs piézoélectriques, au Bureau international; on pourrait ensuite les vérifier au moyen de fréquentes intercomparaisons, et ces étalons pourraient constituer le point de départ pour la dissémination, dans tous les pays, de valeurs uniformes.

VII.

Propositions du Gouvernement des États-Unis du Mexique,
TRANSMISES PAR M. CARLOS SERRANO, DÉLÉGUÉ A LA CONFÉRENCE.

Le Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Travail présente, par l'intermédiaire du soussigné, Délégué officiel du Gouvernement Mexicain à la Septième Conférence générale des Poids et Mesures, les propositions suivantes relatives à différents sujets mentionnés dans le programme provisoire des travaux de la Conférence, ces points présentant un intérêt particulier pour le Mexique.

10. Discussion relative à l'attribution de l'étude des étalons électriques au Bureau international. — En raison du grand développement atteint au Mexique par l'emploi de l'énergie électrique depuis l'année 1908, pendant laquelle se réunit à Londres la Conférence des Unités Électriques, le Gouvernement s'est rendu compte de l'urgente nécessité d'établir les étalons internationaux représentant les principales unités employées dans la science et dans la technique électriques, et d'assurer la comparaison par un Bureau unique de ces étalons avec ceux employés par chaque Nation.

En conséquence, après avoir étudié les deux solutions proposées, à savoir : la création d'un Institut autonome ou l'extension des fonctions attribuées actuellement au Bureau international des Poids et Mesures, il a été opté pour cette dernière, considérée comme la plus rapide, la plus simple et la moins coûteuse. Son acceptation a d'ailleurs été déjà prévue dans une modification apportée à la Convention du Mètre, et proposée par la Sixième Conférence générale des Poids et Mesures, dans sa séance du 6 octobre 1921; elle a donné lieu à la rédaction de l'article 7 ainsi conçu :

« Après que le Comité aura procédé au travail de coordination des mesures relatives aux unités électriques, et lorsque la Conférence générale en aura décidé par un vote unanime, le Bureau sera chargé de l'établissement et de la conservation des étalons des unités électriques et de leurs témoins, ainsi que de la comparaison, avec ces étalons, des étalons nationaux ou d'autres étalons de précision. »

Les arguments du Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Travail sont particulièrement pressants, cette affaire étant en effet de telle importance — et c'est l'avis du Délégué — qu'elle fait sentir son influence tant à l'intérieur du pays en ce qui se rapporte aux diverses branches de l'industrie qui emploie l'énergie électrique, qu'à l'extérieur pour tout ce qui a trait aux relations de caractère scientifique, industriel et commercial, du Mexique avec les autres Nations.

12. Législations. — On connaît parfaitement le but poursuivi par les pays les plus avancés, afin de rechercher une équitable amélioration des conditions d'existence de leurs classes ouvrières par la juste estimation et rémunération de leur travail, et aussi de leur industrie, au moyen d'une connaissance suffisante de la qualité de leurs produits. On sait

aussi qu'en général, les règlements concernant les poids et mesures n'établissent pas, dans une forme catégorique, l'intervention officielle, qui n'a lieu que dans les transactions commerciales proprement dites; le Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Travail croit opportun de proposer que, dans les législations touchant la matière, on établisse, de façon claire et explicite, la fiscalisation officielle des instruments de mesure utilisés par l'industrie, soit pour déterminer quantitativement les composés d'un produit dont le prix et la qualité sont établis par eux, soit pour employer les mesures servant de base à l'estimation ou à la rémunération du travail personnel, ainsi que les méthodes à adopter pour le maniement de ces instruments.

Ce qui précède est très important pour tous les pays, tout spécialement pour le Mexique, car il arrive fréquemment que le travail d'un ouvrier soit estimé ou jugé, de même que son honnêteté et sa compétence, au moyen d'appareils servant à mesurer le travail exécuté, ainsi que le bon emploi des matières premières ou autres produits confiés à ses soins pour l'exécution de son travail.

En ce qui concerne l'aspect industriel de la question, on doit remarquer que l'un des buts les plus importants poursuivis par le Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail est le développement de l'industrie nationale au moyen de l'amélioration des produits manufacturés, qualité subordonnée en premier lieu à la nature et à la quantité des matières premières employées. C'est une tendance moderne que celle de valoriser cette qualité en mesurant ces matières premières au moyen d'instruments appropriés, non seulement en ce qui concerne la quantité proprement dite, mais aussi par rapport aux propriétés physiques ou chimiques susceptibles d'être mesurées.

13. *Exposé des progrès du Système métrique.* — Conformément à l'article 7 du règlement annexé à la Convention du Mètre, une des missions fondamentales des Conférences générales des Poids et Mesures est de discuter et de proposer les moyens propres à propager le Système métrique. Le moment actuel est particulièrement opportun pour entreprendre une action dans ce sens, car on a pu observer que divers groupes — spécialement de caractère scientifique et commercial — cherchent à faire accepter le Système métrique par les États-Unis et la Grande-Bretagne, tout au moins pour des transactions commerciales déterminées. Le Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Travail juge convenable de solliciter le Bureau international des Poids et Mesures de faire intervenir son influence auprès des Gouvernements des États-Unis et de la Grande-Bretagne, pour assurer le succès des démarches commencées à cet effet à la Première Conférence Commerciale Pan-Américaine tenue à Lima à la fin de 1924 et au début de 1925, démarches reprises récemment à la Seconde Conférence, qui a eu lieu à Washington en mai de cette année, et qui tendent à unifier les unités de mesure dans tout le Continent Américain, au bénéfice des meilleures relations commerciales entre tous les pays d'Amérique.

L'adoption obligatoire du Système métrique aux États-Unis et en Grande-Bretagne revêt une extrême importance pour le Mexique, surtout en raison de son voisinage avec les États-Unis et de l'intensification qui a pu être notée dans les échanges commerciaux, entre ces deux nations, depuis le commencement de la guerre mondiale; le Gouvernement Mexicain considère comme une chose fondamentale l'intensification de la propagande métrique dans ces deux grandes nations, les seules continuant à employer un système d'unités ancien et compliqué, en vue d'obtenir le remplacement de celui-ci, tout au moins en ce qui touche les relations commerciales avec des pays de l'Amérique latine, par le Système métrique qui présente tant d'avantages de simplicité par rapport aux systèmes britanniques.

Je dois aussi faire remarquer qu'un des résultats de l'augmentation du commerce entre le Mexique et les États-Unis durant les dernières années a été une invasion indésirable des unités britanniques sur les marchés nationaux. Il en est résulté une intensification de la campagne engagée par le Département des Poids et Mesures en vue de la suppression de ces unités et de la conservation dans toute leur pureté, à l'exclusion de toutes autres, des unités du Système métrique. Ce faisant, le Département a rempli ses engagements internationaux.

14. *Propositions de Messieurs les Délégués ou du Comité international.* — Comme résultat du développement croissant de l'industrie pétrolière, particulièrement sur le continent américain, et de l'importance des transactions conduites pour le pétrole brut ou ses dérivés, le problème de l'estimation exacte des volumes de ces liquides touche tous les pays du monde, puisque ceux qui ne produisent pas sont consommateurs.

Jusqu'à présent ces liquides sont mesurés, dans leur presque totalité, à l'aide de réservoirs spécialement construits à cet effet. Ce système présente de sérieux inconvénients, comme il sera indiqué dans la suite; toutefois il y a, depuis quelque temps, une tendance marquée à substituer à cette méthode l'emploi de mesureurs automatiques, et divers modèles de ceux-ci, de système différent, ont été présentés à l'étude.

Les opinions concernant ces mesureurs sont très diverses et même contradictoires dans certains cas. Le Gouvernement Mexicain, qui est hautement intéressé à la solution de ce problème, demande la coopération et l'aide du Bureau international des Poids et Mesures, et propose que ce Bureau s'intéresse à l'étude du problème.

En ce qui concerne les réservoirs, les principales raisons rendant imprécise l'estimation des volumes sont les suivantes : impossibilité matérielle de leur donner une forme parfaitement géométrique; déformations soit permanentes soit accidentelles, occasionnées par la pression du liquide qu'ils contiennent, par sa température variable, ou pour d'autres causes plus difficiles à découvrir et à évaluer; difficulté d'établir exactement la hauteur du liquide dans le réservoir, pour pouvoir la marquer sur les tables de cubage; et finalement, impossibilité d'estimer les hauteurs en raison des tuyauteries contenues au fond du réservoir.

En ce qui concerne les mesureurs, bien que quelques expériences aient été faites au Mexique, elles n'ont pas encore été assez nombreuses pour autoriser à émettre une opinion définitive sur leurs avantages et leurs inconvénients, mais le problème paraît quelque peu complexe, tant par la diversité des types que par la variété des produits qu'ils sont appelés à mesurer, ainsi que par les conditions très différentes dans lesquelles ils sont employés.

Pendant quelques années, le cubage des réservoirs dépendait, au Mexique, du Ministère des Finances, mais actuellement ce service ressortit au Département des Poids et Mesures, qui s'occupe de mener à bonne fin l'étude des mesureurs automatiques de référence. Le vote d'un décret présidentiel, présenté sur l'initiative du Ministère des Finances, et imposant l'établissement de mesureurs automatiques sur les conduites de vidange des réservoirs, pour l'estimation exacte des volumes du pétrole intervenant dans les fortes transactions, en vue de servir de base à l'établissement de l'impôt, motiva l'intérêt porté par le Département des Poids et Mesures à l'étude de ces mesureurs automatiques.

Le problème de savoir si les mesureurs automatiques devront être substitués aux réservoirs en ce qui touche le pétrole brut et ses dérivés, s'ils devront être employés uniquement comme vérificateurs ou être définitivement rejetés, reste entier, et c'est pour résoudre la question que l'on a recours à l'aide et à la coopération de la prestigieuse Institution internationale qui va célébrer le Cinquantenaire de sa fondation.

En résumé, le Gouvernement Mexicain est intéressé à voir traiter, par son Délégué à la prochaine Conférence générale, les quatre points suivants :

1^o *Paragraphe 10 du Programme provisoire des Travaux de la Conférence.* — Demander l'élargissement des attributions du Bureau international des Poids et Mesures, afin qu'il se charge de l'établissement des étalons nationaux, qui représentent les principales mesures intervenant dans la science et la technique électriques, au lieu d'appuyer la création d'un Institut autonome, qui soit chargé de ce travail, la première détermination étant plus rapide, plus simple et moins coûteuse, pour atteindre les fins poursuivies.

2^o *Paragraphe 12 du Programme provisoire des Travaux de la Conférence.* — Proposer l'établissement, dans les législations sur les Poids et Mesures, de manière claire et explicite, de la fiscalisation officielle des instruments de mesure employés par l'industrie pour déterminer quantitativement les composés d'un produit, dont le prix ou la qualité sont établis par ces instruments, ou bien créer des mesures servant de base à l'estimation ou à la rémunération du travail personnel, ainsi que les méthodes à adopter pour le maniement de ces instruments, car jusqu'à présent l'action officielle ne s'étendait en général qu'aux transactions d'ordre purement commercial.

3^o *Paragraphe 13 du Programme provisoire des Travaux de la Conférence.* — Demander que le Bureau international des Poids et Mesures fasse agir sa grande influence auprès des Gouvernements des États-Unis et de la Grande-Bretagne en vue d'amener ces nations à adopter l'emploi obligatoire du Système métrique international d'unités de mesure, spécialement dans les transactions commerciales avec les autres pays. Ce sera un grand pas en avant en faveur des relations commerciales entre les nations précitées et les pays de l'Amérique latine, qui sont les plus directement intéressés et affectés actuellement par le manque d'uniformité des mesures servant de base à leurs transactions.

4^o *Paragraphe 14 du Programme provisoire des Travaux de la Conférence.* — Proposer que le Bureau international des Poids et Mesures étudie les méthodes les mieux appropriées aux mesures, intervenant dans les grandes transactions commerciales, touchant le pétrole ou ses dérivés, spécialement en ce qui concerne l'évaluation directe des volumes au moyen de réservoirs ou à l'aide de mètres automatiques, question sur laquelle les opinions sont diverses et contradictoires. On considère ce point comme d'extrême importance au Mexique, en raison de la situation privilégiée qu'il occupe comme producteur de pétrole. Il intéresse aussi les autres pays de l'Amérique latine, dont plusieurs exploitent également avec succès ce produit.

VIII.

Propositions du Gouvernement de la République Argentine,
TRANSMISES PAR M. JUAN C. ROLLINO, DÉLÉGUÉ A LA CONFÉRENCE.

1° *Paragraphe 10 du Programme provisoire des Travaux de la Conférence.* — La République Argentine désire que le Bureau international des Poids et Mesures soit chargé de l'établissement et de la conservation des étalons des unités électriques et de leurs témoins, ainsi que de la comparaison, avec ces étalons, des étalons nationaux ou d'autres étalons de précision.

2° La République Argentine propose d'uniformiser la spécification des instruments de poids et mesures, dont l'actuelle disparité de réglementation dans différents pays rend la fabrication difficile, faisant obstacle à l'uniformisation des législations en vigueur.

3° La République Argentine demande que le Bureau international use de son influence auprès des Gouvernements anglais et américains pour que, dans les transactions des produits de l'agriculture et de l'élevage dans leurs grands marchés, qui servent de témoins pour les autres pays producteurs, comme Londres, Liverpool, Winnipeg et Chicago, ils adoptent le système international d'unités, afin de faciliter les relations commerciales, en simplifiant les calculs de comparaison, entre les différents marchés sur lesquels s'exerce la concurrence universelle.

IX.

Proposition du Gouvernement de la Pologne,

TRANSMISE PAR M. ZDZISLAW RAUSZER, DÉLÉGUÉ A LA CONFÉRENCE.

La Septième Conférence générale des Poids et Mesures s'adresse à tous les Gouvernements qui ont introduit dans leurs pays le Système métrique, avec l'appel d'adopter de façon effective ce système aussi dans le domaine du commerce et de l'industrie des cuirs et peaux, si le commerce des cuirs s'effectue par évaluation de la surface.

Jusqu'à présent les pays mentionnés ont fait usage, dans ce domaine, d'unités non métriques.

Motifs :

Le commerce des cuirs de tous les pays qui ont adopté le Système métrique, s'il est basé sur le calcul des prix suivant la surface du cuir, utilise des unités non métriques. Le commerce des cuirs ayant une importance mondiale, le produit est exporté, vendu et acheté, après évaluation de son prix, suivant sa qualité et la surface mesurée, avec des étalons et machines à mesurer calibrées en unités non métriques. Cette situation est exceptionnelle; la législation d'un seul pays est presque impuissante, et les restrictions imposées ne donnent aucun résultat positif à cause du caractère international du commerce des cuirs. Seule une recommandation aux Gouvernements, de la part de la Conférence générale des Poids et Mesures, peut attirer l'attention d'un nombre suffisant de pays, et provoquer une action collective ou au moins faciliter les dispositions individuelles.

X.

**NOTE DU GOUVERNEMENT DE LA ROUMANIE
concernant le Service des Poids et Mesures.**

TRANSMISE PAR M. ST.-C. STATESCU, DÉLÉGUÉ A LA CONFÉRENCE.

Pendant la période qui a commencé en 1920 pour se prolonger jusqu'à maintenant, le Service des Poids et Mesures de Roumanie a poursuivi et réalisé un programme de réorganisation.

La loi de 1921 a unifié le Service des Poids et Mesures, étendant ses attributions à toutes les provinces de la Roumanie unifiée, le Système métrique a été introduit aussi en Bessarabie.

Pour que la mise en application du Système métrique puisse donner les résultats cherchés, le Service des Poids et Mesures a été, par la loi ci-dessus, confié uniquement à des fonctionnaires de l'État, vérificateurs des Poids et Mesures, recrutés et instruits avec un soin particulier, et qui forment un corps de spécialistes.

Par la même loi, et toujours en vue de parvenir à un système d'application unique, le législateur reconnaît à l'État les droits et les obligations relatifs à la question des Poids et Mesures. En conséquence, les autorités locales des communes ou districts sont privées, maintenant, de toute attribution quant à l'application du Système métrique.

En ce qui concerne les vérifications d'instruments de mesure, il a été procédé, progressivement, à l'extinction de celles qui portent, sur les compteurs divers (électricité, eau, gaz), dans toute l'étendue de la Roumanie. Les compteurs de la distance parcourue, attachés aux véhicules (taximètres), ainsi que les planimètres destinés à la mesure des peaux, sont soumis aux vérifications et au contrôle prescrits par la loi.

A partir de 1925, l'analyse et le poinçonnage des objets confectionnés avec des métaux précieux ont été confiés au Service des Poids et Mesures.

XI.

**Détermination des longueurs des Mètres prototypes n^{os} 10 et 20 de l'alliage
du Conservatoire en fonction de la longueur d'onde de la raie rouge du
cadmium;**

PAR MM. NOBORU WATANABE ET MONSIEUR IMAIZUMI.

Ce rapport n'est que provisoire en raison des dates fort anciennes des comparaisons, avec le Mètre international, des mètres prototypes utilisés pour cette détermination; les faibles changements dans leurs longueurs qui pourraient s'être produits, seront corrigés plus tard, lorsqu'on les comparera au Mètre prototype n^o 22, appartenant à l'Empire du Japon, resté au Bureau international des Poids et Mesures, où il a été récemment comparé aux étalons d'usage, comparés eux-mêmes au Prototype international.

La méthode et les procédés de la détermination sont identiques, à quelques détails près, à ceux dont se sont servis MM. Benoit, Fabry et Perot (1).

Le nombre de longueurs d'onde trouvé dans l'air sec, débarrassé d'acide carbonique, a été réduit à 15° de l'échelle normale et à la pression de 760^{mm} de mercure au moyen de la formule donnée par M. Pérard (2).

Construction de l'appareil. — Les parties principales de l'appareil furent commandées à Adam Hilger, à Londres. Tous les étalons sont enfermés séparément dans des boîtes de métal dans lesquelles se trouvent aussi de l'anhydride phosphorique et de la chaux sodée, destinés à absorber la vapeur d'eau et l'acide carbonique contenus dans l'air. Les boîtes communiquent avec l'atmosphère par des tubes en U qui contiennent de la potasse caustique et de la chaux sodée. Pour le passage de la lumière, deux fenêtres formées de glaces optiquement planes et parallèles sont adaptées aux côtés de la boîte. Les vis destinées à assurer le réglage du parallélisme de la glace réfléchissante de l'étalon peuvent être commandées de l'extérieur. Quatre fenêtres fermées par des glaces planes, pour lire les thermomètres intérieurs, ainsi que deux ouvertures circulaires de 5^{mm} de diamètre pour viser au micromètre les traits-repères sur les glaces de l'étalon, sont réservées à la partie supérieure de la boîte contenant un étalon de 1 mètre. Les ouvertures sont protégées par des volets, ouverts seulement au moment des mesures. La boîte est placée sur un support muni de roulements à billes, et peut tourner bout pour bout autour de l'axe vertical avec l'étalon. Quatre thermomètres Tonnelot donnent la température du mètre secondaire d'invar, quatre thermomètres Baudin celle de l'étalon de 1 mètre en platine iridié.

Comparaison du mètre secondaire en invar avec les mètres prototypes. — Elle a été

(1) J.-René BENOIT, Ch. FABRY et A. PEROT, *Nouvelle détermination du rapport des longueurs d'onde fondamentales avec l'unité métrique* (*Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, t. XV, 1913).

(2) A. PÉRARD, *Indice de réfraction de l'air dans le spectre visible entre 0° et 100°* (*Journal de Physique et le Radium*, 5^e série, t. VI, 1925, p. 217).

exécutée au comparateur Brunner, dont les objectifs ont été remplacés par des objectifs de microscopes Leitz. Les prototypes utilisés comme étalons sont les n^{os} 10 et 20 de l'alliage du Conservatoire. La longueur du mètre secondaire était, à 18°C. :

Longueur obtenue au milieu d'avril, d'après le prototype n ^o 10..	$1^m + 1^{\mu},62 \pm 0^{\mu},02$
Même mesure à la fin de juin.....	$1^m + 1^{\mu},71 \pm 0^{\mu},04$
Longueur obtenue au milieu d'avril, d'après le prototype n ^o 20..	$1^m + 1^{\mu},90 \pm 0^{\mu},05$
Même mesure à la fin de juin.....	$1^m + 2^{\mu},05 \pm 0^{\mu},04$

La différence des longueurs se rapportant aux deux prototypes est d'environ $0^{\mu},30$, ce qui concorde avec les résultats des comparaisons directes de ces mètres faites en avril et juin. La légère différence, de $0^{\mu},10$ environ, entre les deux comparaisons indiquerait un allongement du mètre secondaire. Mais comme la plus grande partie des mesures ont été faites à la fin de mai et dans les premiers jours de juin, on adopta la moyenne des quatre longueurs données ci-dessus.

Longueur du mètre secondaire d'invar rapporté à la
moyenne des prototypes 10 et 20..... $1^m + 1^{\mu},82 \pm 0^{\mu},04$ à 18°.

Le coefficient de dilatation du mètre secondaire en invar a été déterminé par comparaison avec les deux prototypes. La moyenne est :

$$[1,452 - 0,0003(\Theta - 15)]. 10^{-6}.$$

Comparaison du mètre secondaire et de l'étalon de 1 mètre. — Cette observation et les suivantes ont été faites dans la salle à température constante de l'Institut des Recherches physiques et chimiques. Chaque comparaison se composait de huit observations dans les huit positions relatives de l'étalon et du mètre secondaire; cet ensemble correspond à une série de déterminations.

Différence des longueurs de l'étalon et du mètre d'invar.

Séries.	Dates.	Températures.		Différence. (Étalon-Invar).
		Invar.	Étalon.	
I (1).....	23-25 mai 1927	19,193	19,081	$-2,51 \pm 0,06$
II.....	27-28 »	19,496	19,399	$-2,62 \pm 0,06$
III.....	28-30 »	19,499	19,407	$-2,55 \pm 0,06$
IV.....	30-31 »	19,652	19,579	$-2,26 \pm 0,08$
V.....	1 ^{er} -2 juin 1927	19,855	19,790	$-2,24 \pm 0,05$
VI.....	2-3 »	19,974	19,911	$-2,11 \pm 0,07$

Détermination de la constante A. — La somme des distances, qui séparent de chaque extrémité le trait-repère des surfaces réfléchissantes correspondantes, est appelée « Constante A ». Elle a été déterminée par 14 couples d'observations. Leur moyenne est $A = 2251,01 \pm 0,12$ en fonction de la demi-longueur d'onde de la raie rouge du cadmium.

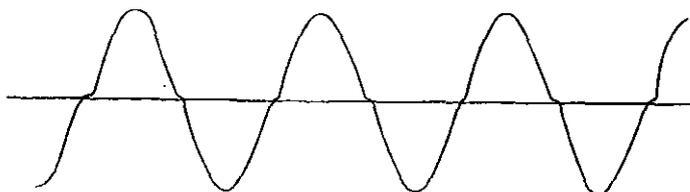
Nombre de longueurs d'onde pour 1 mètre. — Le nombre de longueurs d'onde obtenu dans chaque série de mesures était ramené au nombre correspondant à 1 mètre dans l'air

(1) Les séries précédentes ont servi d'exercice.

sec à 15° de l'échelle normale et sous la pression de 760^{mm} de mercure. Chaque série comprenait cinq à huit déterminations.

Séries.	Dates.	Nombre de demi-longueurs d'onde, de la raie rouge du cadmium, comprises dans 1 mètre.
I.....	23-25 mai 1927	3106328,90 ± 0,13
II.....	27-28 »	29,11 ± 0,08
III.....	28-30 »	28,57 ± 0,06
IV.....	30-31 »	28,73 ± 0,14
V.....	1 ^{er} -2 juin 1927	28,61 ± 0,12
VI.....	2-3 »	28,65 ± 0,12
	Moyenne.....	3106328,76

La figure ci-jointe représente l'oscillogramme du courant traversant la lampe Michelson.



Le diamètre du tube capillaire de la lampe était d'environ 4^{mm}. La lampe était maintenue aux environs de 340° et excitée par un courant de 4,5 milliampères.

Conclusion. — Des données qui précèdent, nous déduisons :

Nombre de longueurs d'onde pour 1 mètre en fonction de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium.....	1553164,39
d'où	
Longueur d'onde de la raie rouge du cadmium dans l'air sec, privé d'acide carbonique, à 15° de l'échelle normale, et sous 760 ^{mm} de mercure.....	0 ^m ,64384684

Ces résultats sont rapportés à la moyenne des deux prototypes. Nous trouvons, en partant des prototypes individuels :

$$\text{n}^{\circ} 10 = 0^{\text{m}},64384674, \quad \text{n}^{\circ} 20 = 0^{\text{m}},64384694.$$

Calcul de la valeur vraie des étalons employés par MM. Watanabe et Imaizumi.

(Note du Bureau international.)

Règle n° 10. — Le groupe de comparaisons faites en 1892 a donné :

$$\text{à } 17^{\circ},4, \quad [10] = \mathfrak{N} + 0^{\text{m}},34.$$

La dilatabilité admise maintenant pour \mathfrak{N} étant exprimée par

$$\alpha = (8,621 + 0,00177 \ominus) \cdot 10^{-6},$$

on aura

$$\text{à } 18^{\circ}, \quad \mathfrak{M} = 1^{\text{m}} + 155^{\mu},75.$$

En ajoutant, pour [10] — \mathfrak{M} , une correction de $-0^{\mu},01$ correspondant à la différence de température de $17^{\circ},4$ à 18° , on obtient :

$$\text{à } 18^{\circ}, \quad [10] = 1^{\text{m}} + 156^{\mu},08,$$

au lieu de la valeur admise par MM. Watanabe et Imaizumi :

$$[10] = 1^{\text{m}} + 156^{\mu},35.$$

La différence est égale à $-0^{\mu},27$.

Règle n° 20. — La valeur admise à 18° par MM. Watanabe et Imaizumi est $1^{\text{m}} + 151^{\mu},55$.

Cette règle a été déterminée par des comparaisons faites entre [20] et [26] en 1897, précisément dans les années du changement observé sur [26], et localisé entre 1892 et 1901; l'incertitude qui règne sur la date de ce changement engage à prendre les moyennes des valeurs de [26] données par ces comparaisons avec le Mètre international en 1892 et 1901.

On admettra donc :

$$[26] = 1^{\text{m}} + 0^{\mu},96 + (8,621\Theta + 0,00177\Theta^2) \cdot 10^{-6} = 1^{\text{m}} + 156^{\mu},71,$$

d'où

$$[20]_{18} = 1^{\text{m}} + 151^{\mu},39.$$

MM. Watanabe et Imaizumi ayant admis :

$$[20]_{18} = 1^{\text{m}} + 151^{\mu},55,$$

il y aura lieu d'appliquer à leur résultat la correction $-0^{\mu},16$.

La moyenne des corrections est donc $-0^{\mu},21$.

XII.

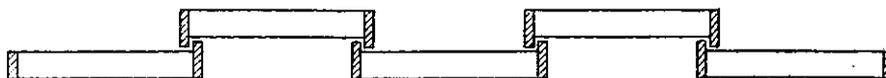
Détermination d'une règle géodésique de 5 mètres en fonction de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium;

PAR MM. NOBORU WATANABE ET OSAMU MASAKI.

Ce travail a eu pour objet de compter le nombre de longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium compris entre les traits de repère de la règle de 5^m, établie autrefois sur les indications de M. Guillaume.

Le principe de la détermination peut être considéré comme une extension de celui qui a été appliqué par MM. Benoit, Fabry et Perot à rechercher la valeur de la longueur d'onde fondamentale, en partant de l'unité métrique.

A l'aide du comparateur de Repsold, on compare la règle de base à un étalon interférentiel de 5^m, du type Perot-Fabry, constitué par un étalon défini par la distance de traits tracés sur chacun des plans de verre extrêmes. L'étalon interférentiel global se compose de cinq étalons interférentiels de 1^m, d'un type uniforme. Ceux-ci sont disposés sur une ligne droite parallèle à la règle, comme il est indiqué dans la figure ci-dessous.



Une partie de chaque glace réfléchissante, à l'exception des glaces extrêmes, débordé horizontalement l'étalon d'invar qui lui sert de support. Les étalons sont placés de telle sorte que leurs parties débordantes se font face, et que les surfaces réfléchissantes de ces plans constituent, avec la mince couche d'air interposée, un interféromètre que nous nommerons « gap ».

Le nombre de longueurs d'onde est déterminé, pour chaque étalon de 1^m, par la méthode Perot-Fabry; pour le gap, au moyen d'un compensateur (lame étalon), qui est traversé par le même faisceau de lumière blanche que le gap; pour la distance entre les traits de l'étalon interférentiel et la surface réfléchissante correspondante (constante A), par la méthode Benoit, Fabry et Perot. Le nombre des longueurs d'onde correspondant à la règle de base de 5^m est obtenu en retranchant la somme, en longueurs d'onde, des quatre gaps, du total fourni par les cinq étalons de 1^m, et par la correction tirée des observations aux micromètres. Le nombre observé est réduit aux conditions normales à l'aide de la formule donnée par M. Pérard.

Les résultats sont transcrits ci-dessous :

Premier groupe.

Nombre de longueurs d'onde de l'appareil de base réduit à la température moyenne des observations à l'aide du coefficient obtenu dans le second groupe..... 15532935,2 ± 1,3 à 8°,52, résultat moyen de 11 observations.

Second groupe.

Coefficient de dilatation pour la réduction du groupe ci-dessus en fonction des longueurs d'onde..... $125,91 + 0,0960\theta \pm 0,4$, résultat de 7 observations faites entre $10^{\circ},7$ et 21° C.

D'où

Nombre de longueurs d'onde compris dans la règle de 5^m..... $15\,531\,855,5 \div 125,91\theta + 0,0960\theta^2 \pm 1,0$

On doit remarquer que les résultats ci-dessus se rapportent à la demi-longueur d'onde de la raie rouge du cadmium. Nous avons, en adoptant pour la longueur d'onde de cette raie, la valeur 0,64384696 :

Longueur de la règle de base..... $5^m \div 69\mu,0 + 5(8,1067 + 0,00618\theta)\theta \cdot 10^{-6} \pm 0\mu,4$

Conclusion. — La règle de base de 5^m peut être déterminée avec la précision de $\frac{1}{15000000}$ par dix observations environ.

Nous désirons exprimer nos remerciements à la Commission géodésique de l'Empire du Japon et au Professeur H. Nagaoka, qui ont aidé à cette détermination par leurs bienveillants conseils.

XIII.

RÉSULTATS DES COMPARAISONS D'ÉLÉMENTS
appartenant à divers laboratoires,
faites par les soins de la Chambre Centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S.

NOTE DE MM. M. F. MALIKOV,
 Chef du Laboratoire des Étalons électriques de la Chambre centrale
 des Poids et Mesures de l'U. R. S. S.,

ET A. C. KOLOSSOV,
 Métrologue en Chef du même Laboratoire.

Les comparaisons ont été exécutées par la Chambre Centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S., en 1926 et 1927, entre les éléments Weston préparés par ses soins et les étalons du Bureau of Standards, du Laboratoire Central d'Électricité, de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt et du National Physical Laboratory. En raison de la sensibilité très grande de ces éléments aux déplacements, leur transport a été exécuté à la main.

Les éléments normaux furent emportés à l'étranger trois fois successivement. Le 20 mars 1926, M. M. Chatelain, partant pour les États-Unis, a pris avec lui les deux éléments Weston n°s 111-I (92) et 111-II (90) appartenant au groupe des éléments à cristaux broyés de sulfate mercurieux, préparés à la Chambre Centrale en décembre 1925. Ils furent comparés avec les éléments du Bureau of Standards, entre le 9 avril et le 15 mai 1926. Le 27 juin, commençaient les comparaisons avec les éléments du Laboratoire Central d'Électricité, et le 11 août 1926, M. Chatelain les rapporta à la Chambre Centrale. Leur comparaison avec l'étalon du volt international de la Chambre Centrale, avant leur départ et après leur retour, a donné les résultats suivants (le dernier chiffre de chaque nombre n'est mentionné qu'à titre d'indication) :

Éléments.	Force électromotrice, à 20°, en volts internationaux.			
	Avant le départ (20 mars 1926).	Après le retour (23 août 1926).	Moyenne.	Δ.
N° 111-I (92)...	1,018439	1,018425	1,018432	-14.10 ⁻⁶
111-II (90)...	1,018439	1,018424	1,018432	-15.10 ⁻⁶
Moyennes..	1,018439	1,018425	1,018432	-14.10 ⁻⁶

Les variations, dont le montant est porté dans la dernière colonne, se trouvent dans les limites admissibles.

Les comparaisons à Washington ayant été faites à la température de 28°,1, les éléments ont été amenés, à la même température, pour leur détermination, à la Chambre Centrale.

Éléments.	Force électromotrice, à 28°,1, en volts internationaux.		
	Bureau of Standards.	Chambre Centrale.	Ch.C.-B. S.
N° 111-I (92)...	1,017979	1,018035	+56.10 ⁻⁶
111-II (90)...	1,017969	1,018025	+56.10 ⁻⁶
Moyennes...	1,017974	1,018030	+56.10 ⁻⁶

Le volt international de la Chambre Centrale est donc de 56.10^{-6} inférieur à celui du Bureau of Standards.

Au Laboratoire Central d'Électricité, on a fait une seule comparaison, de sorte que nous ne possédons pas de données aussi complètes que celles obtenues dans les autres laboratoires. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Éléments.	Force électromotrice, à 20°, en volts internationaux.		
	Laboratoire Central.	Chambre Centrale.	Ch. C.-I. C.
N° 111-I (92).....	1,018320	1,018432	+112.10 ⁻⁶
111-II (90).....	1,018340	1,018432	+ 92.10 ⁻⁶
Moyennes....	1,018330	1,018432	+102.10 ⁻⁶

Le volt international de la Chambre Centrale est donc inférieur de $\frac{1}{10\,000}$ à celui du Laboratoire Central d'Électricité.

Le second groupe des éléments normaux fut envoyé en avril 1927 par la valise diplomatique à la Reichsanstalt, où ils sont arrivés le 23 du même mois. Les comparaisons furent exécutées dans la période de mai à octobre, et terminées par la série des observations faites simultanément avec celles du troisième groupe, du 31 octobre au 4 novembre. Les résultats nous ont été communiqués par M. H. v. Steinwehr. De ces quatre éléments, l'un, portant le numéro 107-II (217), a été retenu par la Reichsanstalt ; les autres ont été réexpédiés à la Chambre Centrale.

Voici les valeurs de ces éléments, avant et après leur voyage :

Éléments.	Force électromotrice, à 20°, en volts internationaux.			
	Avant le départ (1-2 avr. 1927).	Après le retour (5-7 déc. 1927).	Moyennes.	Δ .
N° 106-I (214).....	1,018388	1,018553		
106-II (227).....	1,018387	1,018397	1,018392	+10.10 ⁻⁶
107-I (200).....	1,018371	1,018401	1,018386	+30.10 ⁻⁶
Moyennes....			1,018389	+ 20.10 ⁻⁶

Le premier de ces trois éléments, qui a subi une sérieuse détérioration pendant le voyage de retour, a été exclu de la moyenne.

Le 19 septembre 1927, M. A. N. Dobrokhotoff, délégué de l'U. R. S. S. à la Septième Conférence générale des Poids et Mesures, a pris avec lui les éléments nos 125-I (192) et 125-II (194), préparés en novembre 1926, et 134-I (243) et 134-II (249), préparés en juin 1927, pour les déposer à la Reichsanstalt où ils sont parvenus le 25 septembre. Les éléments nos 103-I (218) et 103-II (221), préparés en mars 1927, 137-I (153) et 137-II (155), préparés en avril 1926, ont été, de même, transportés au National Physical Laboratory, en même temps que les éléments nos 111-I (92) et 111-II (90), qui étaient compris dans la comparaison faite au Bureau of Standards, et transportés à Teddington par M. Sears J^{or}, délégué britannique à la Conférence.

Deux séries de comparaisons ont été exécutées au National Physical Laboratory avec les étalons lui appartenant, l'une à la température de 15°, l'autre à 20°. Deux de ces éléments, les nos 137-I (153) et 137-II (155) sont restés au National Physical Laboratory et remplacés par les deux éléments nos 2715 et 2718, envoyés à Leningrad, après avoir été soumis aux mêmes épreuves que ceux de la Chambre Centrale. Expédiés à Paris, le 19 octobre, par la

valise diplomatique française, ils ont été repris par M. Dobrokhoff, et comparés, du 31 octobre au 4 novembre, à des températures comprises entre 18°,40 et 18°,45, à ceux de la Reichsanstalt. L'élément n° 125-II (194) fut retenu par la Reichsanstalt, et les autres apportés le 23 novembre à Leningrad, où ils furent soumis à une série de comparaisons par les soins de MM. Malikov et Kolossov, et M^{lle} Tchuraeva. Les résultats sont donnés ci-après :

Éléments.	Force électromotrice, à 20°, en volts internationaux.			
	Avant le départ (9-13 sept. 1927).	Après le retour (5-7 déc. 1927).	Moyenne.	Δ .
N° 111-I (92)....	1,018427	1,018450	1,018438	+23.10 ⁻⁶
111-II (90)....	1,018453	1,018487	1,018470	+34.10 ⁻⁶
123-I (192)....	1,018393	1,018407	1,018400	+14.10 ⁻⁶
134-I (243)....	1,018367	1,018419	1,018393	+52.10 ⁻⁶
134-II (249)....	1,018377	1,018412	1,018394	+35.10 ⁻⁶
103-I (218)....	1,018380	1,018400	1,018390	+20.10 ⁻⁶
103-II (221)....	1,018380	1,018402	1,018391	+22.10 ⁻⁶
Moyennes..	1,018397	1,018425	1,018411	+29.10 ⁻⁶

Nous voyons, par ce tableau et le précédent, que la force électromotrice des éléments après le voyage est sensiblement augmentée. On peut expliquer partiellement cette augmentation par le déplacement des matières au voisinage du pôle négatif de l'élément; cette interprétation s'applique notamment aux éléments nos 106-I (211), 111-I (92) et 111-II (90), où le déplacement est visible. Quant aux éléments nos 134-I (243) et 134-II (249), l'augmentation de force électromotrice est due à ce qu'ils avaient été préparés à une date récente.

Pour les calculs ultérieurs, on a pris, pour la force électromotrice des éléments normaux, la moyenne de leurs valeurs avant et après le voyage.

Le tableau suivant met en parallèle les résultats des comparaisons faites à la Reichsanstalt et à la Chambre Centrale. On a pris, pour la force électromotrice des éléments, mesurée à la Reichsanstalt, la valeur moyenne de toutes les observations qui y ont été faites. La réduction de la force électromotrice de 18°,40 et 18°,45 à la température normale de 20° a été faite en se servant de la formule généralement employée :

$$E_{\theta} = E_{20} - 40,6 \cdot 10^{-6} (\theta - 20) - 0,95 \cdot 10^{-6} (\theta - 20)^2 + 10 \cdot 10^{-9} (\theta - 20)^3.$$

Éléments.	Force électromotrice, à 20°, en volts internationaux.		
	Reichsanstalt.	Chambre Centrale.	Ch. C.-RA.
N° 106-II (227)....	1,018379	1,018392	+13.10 ⁻⁶
107-I (200)....	1,018385	1,018386	+ 1.10 ⁻⁶
111-I (92).....	1,018463	1,018438	-25.10 ⁻⁶
111-II (90).....	1,018478	1,018470	- 8.10 ⁻⁶
123-I (192)....	1,018392	1,018400	- 8.10 ⁻⁶
134-I (243)....	1,018402	1,018393	- 9.10 ⁻⁶
134-II (249)....	1,018397	1,018394	- 3.10 ⁻⁶
103-I (218)....	1,018393	1,018390	- 3.10 ⁻⁶
103-II (221)....	1,018397	1,018391	- 6.10 ⁻⁶
2713.....	1,018335	1,018340	- 5.10 ⁻⁶
2718.....	1,018331	1,018339	+ 8.10 ⁻⁶
Moyennes....	1,018379	1,018381	+ 2.10 ⁻⁶

La presque égalité des écarts entre les nombres de la dernière colonne (en moyenne de 6 microvolts), est perturbée par les résultats obtenus sur l'élément n° 111-I (92). Il nous a paru plus prudent de ne pas prendre en considération les résultats qu'il a fournis, ainsi que ceux de l'élément 111-II (90) enfermé dans le même étui. En les éliminant de la moyenne, on voit que le volt international de la Chambre Centrale coïncide pratiquement avec celui de la Reichsanstalt.

Dans le tableau suivant, on a établi la même comparaison avec les éléments du National Physical Laboratory :

Éléments.	Force électromotrice, à 20°, en volts internationaux.		
	National Physical Laboratory.	Chambre Centrale.	Ch. C.-N. P. L.
N° 111-I (92).....	1,018371	1,018438	+67.10 ⁻⁶
111-II (90).....	(1,018372)	(1,018470)	(+98.10 ⁻⁶)
103-I (218).....	1,018322	1,018390	+68.10 ⁻⁶
103-II (221)...	1,018330	1,018391	+61.10 ⁻⁶
2713.....	1,018279	1,018340	-61.10 ⁻⁶
2718.....	1,018278	1,018339	+61.10 ⁻⁶
Moyennes...	1,018302	1,018365	+63.10 ⁻⁶

On voit ici que l'élément n° 111-II (90) perturbe également la moyenne des variations données par les nombres de la dernière colonne; il a été éliminé comme dans le précédent tableau, en même temps que le 111-I (92). Cette élimination étant faite, on voit que le volt international de la Chambre Centrale est de 63.10⁻⁶ inférieur au volt international du National Physical Laboratory.

Ainsi, la question de l'unité de la force électromotrice (volt international), autant qu'elle est mise en évidence dans les résultats des comparaisons des éléments normaux, peut être résumée dans le tableau suivant, l'unité étant le microvolt.

	N. P. L.	P. T. R.	C. C.	B. of S.	L. C. E.
N. P. L.....	—	+ 61	+ 63	+ 7	- 39
P. T. R.....	-61	—	+ 2	-54	-100
C. C.....	-63	- 2	—	-56	-102
B. of S.....	- 7	+ 54	+ 56	—	- 46
L. C. E.....	39	+100	+102	+46	—

Les différences portées au tableau n'excèdent pas, en général, la limite de certitude (0,0001), avec laquelle nous connaissons la valeur du volt international; pourtant elle excède les limites de la précision avec laquelle on prépare les éléments normaux, et qui peut être évaluée à 20 microvolts environ; on doit donc remettre à l'ordre du jour la question de la nécessité d'indiquer la valeur, en volts internationaux, de la force électromotrice des éléments Weston, établie par la Commission Internationale réunie à Washington en 1910, avec la précision de 100 microvolts (1,0183 volt international, à la température de 20°), afin d'obtenir la décimale suivante qui correspond à la précision de reproduction de l'unité par des éléments normaux, telle qu'on peut l'obtenir aujourd'hui.

La stabilité des éléments Weston, pendant le transport, peut être considérée comme assez bonne. Le changement dans leur force électromotrice, sous l'influence des conditions de transport, est de l'ordre de 30 microvolts. Ce nombre peut être réduit à une valeur du même ordre que la précision de la préparation des éléments normaux, si l'on accroit les précautions dans le transport.

Comme conclusion, il est intéressant de donner quelques indications sur les éléments normaux pris comme étalons du volt international dans les divers laboratoires métrologiques nationaux.

L'étalon du volt international est représenté, au National Physical Laboratory, par des groupes d'éléments normaux préparés annuellement. Au temps des comparaisons mentionnées ci-dessus, l'unité a été définie par la valeur moyenne des forces électromotrices des éléments normaux, préparés en 1925 et 1926. Ces éléments appartiennent au type des éléments acides, contenant 0,1 d'acide sulfurique normal. On admet, pour ces éléments, une valeur de la force électromotrice de 65 microvolts inférieure à celle de l'élément normal Weston, lorsque tous les éléments se trouvent à la même température de 15° (1).

A la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, on a pris, comme définition de la force électromotrice de l'élément normal Weston, celle d'un voltamètre à argent, et l'on a préparé une grande quantité d'éléments normaux. Les recherches ultérieures ont montré que l'étalon du volt international de la Reichsanstalt se conserve, et l'on a décidé d'adopter, comme valeur de la force électromotrice des éléments normaux qui le représentent, 1,01831 volt international à la température de 20° (2).

A la Chambre Centrale des Poids et Mesures, on a pris pour étalon fondamental du volt international un groupe de 20 éléments normaux Weston, préparés en 1910 au National Physical Laboratory, par M^{me} A.-B. Fochringer, en collaboration avec M. F.-E. Smith, conformément à la spécification de la Conférence Internationale réunie à Londres en 1908. Les éléments composant ce groupe furent choisis en 1922 parmi ceux qui avaient fait preuve de stabilité. La valeur moyenne de la force électromotrice de ce groupe d'éléments normaux fut admise comme égale à 1,01830 volt international, à la température de 20°, en se basant sur la comparaison avec les éléments du National Physical Laboratory, dont la force électromotrice fut établie par les voltamètres à argent de la Commission internationale, réunie à Washington en 1910, et les définitions directes de leur force électromotrice par le voltamètre à argent, en 1910 et 1912.

Le Bureau of Standards conserve l'étalon du volt international au moyen de groupes d'éléments normaux Weston, dont la force électromotrice est admise comme égale à 1,0183 volt international à la température de 20°. De temps à autre, on substitue des éléments stables à ceux qui ont montré une diminution de force électromotrice. Grâce à ce remplacement, on estime que ces groupes d'éléments stables sont restés constants pendant plusieurs années, certains d'entre eux depuis 1906 (3).

Au Laboratoire Central d'Électricité, on admet, pour la valeur moyenne de la force électromotrice des éléments normaux, 1,0183, à la température de 20°.

(1) Lettre de Sir Joseph Petavel, Directeur du National Physical Laboratory, du 20 mars 1927.

(2) H. v. STEINWEHR et A. SCHULZE, *Nachprüfung der Elektromotorischenkraft des internationalen Weston elements mit Hilfe des Silbervoltameters* (*Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1922, t. XLII, p. 221).

(3) E.-C. CRITTENDEN, *Present Status of the International Electrical Units* (*J. Am. Inst. electr. Eng.*, 1927, t. XLVI, p. 769).

TABLE DES MATIÈRES

COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SEPTIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES, RÉUNIE A PARIS EN 1927.

	Pages.
Liste des délégués et des invités.....	1-5
Ordre du jour et programme des travaux de la Conférence.....	5-11
Première séance, du 27 septembre 1927.....	12-25
Liste des délégués et des invités présents.....	12
Discours d'ouverture de M. de Beaumarchais, Directeur des Affaires Politiques et Commerciales, représentant le Ministre des Affaires Étrangères.....	12-15
Réponse de M. V. Volterra, Président du Comité international des Poids et Mesures.....	16-20
Discours de M. G. Bigourdan, Président de la Conférence.....	21-25
Deuxième séance, du 28 septembre 1927.....	26-45
Liste des délégués et des invités présents.....	26
Nomination du Secrétaire de la Conférence.....	26
Établissement de la liste des votants.....	27
Rapport du Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la dernière Conférence.....	28-34
Résultats de la première des vérifications périodiques des mètres prototypes....	34-43
Exposé de diverses motions concernant les certificats des mètres prototypes....	44
Visite des appareils nouveaux.....	44
Décisions au sujet des rapports qui seront présentés aux Conférences ultérieures.	44-45
Troisième séance, du 30 septembre 1927.....	46-54
Liste des délégués et des invités présents.....	46
Études spectrales.....	47-48
Définition du Mètre, proposée par la délégation de la République d'Autriche...	48-49
Exposé relatif à la détermination des étalons en quartz.....	49-51
Propositions relatives aux longueurs d'onde lumineuses.....	52-54
Visite du dépôt des Prototypes.....	54
Quatrième séance, du 4 octobre 1927.....	55-63
Liste des délégués et des invités présents.....	55
Température de définition des étalons à bouts; nomination d'une Commission..	56
Propositions concernant l'échelle normale des températures.....	56-58
Propositions concernant les unités électriques, institution d'un Comité Consul- tatif d'Électricité.....	58-59
Comparaisons électriques.....	59-61
Pouvoirs donnés au Comité international relativement aux unités électriques...	61
Dotations du Bureau international.....	61-63

	Pages.
Cinquième séance, du 6 octobre 1927.....	64-81
Liste des délégués et des invités présents.....	64
Exposé des progrès du Système métrique (États-Unis, Maroc, Siam, Perse, Afghanistan, Japon, U. R. S. S.).....	65-77
Propositions des Gouvernements mexicain et polonais.....	77-78
Sessions du Comité; propositions concernant l'institution d'une Commission chargée de recevoir les vœux des États.....	79
Le kilogramme n° 1 remplacé par le kilogramme n° 7.....	79
Renouvellement par moitié du Comité international.....	79-80
Clôture de la Conférence.....	80-81
<i>Annexes</i>	83-126
I. <i>Propositions concernant la définition et la relation des unités et des étalons de longueur.</i> Mémoire du Bureau of Standards des États-Unis d'Amérique.....	85-88
II. <i>Sur la définition du Mètre.</i> Proposition transmise par la Légation de la République d'Autriche à Paris.....	89
III. <i>Sur l'extension proposée des fonctions du Bureau international des Poids et Mesures.</i> Mémoire de la Délégation britannique.....	90-93
IV. <i>Texte proposé pour l'adoption d'une échelle internationale de température.</i> Soumis pour la discussion par le Bureau of Standards, le National Physical Laboratory et la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.....	94-99
V. <i>Remarques sur le texte proposé pour l'adoption d'une échelle internationale de température.</i> Présentées par le Laboratoire Cryogène de Leyde.....	100-101
VI. <i>Recommandations concernant l'établissement et la conservation d'unités internationales d'Électricité, de Photométrie et de Radiométrie.</i> Mémoire du Bureau of Standards des États-Unis d'Amérique.....	102-108
VII. <i>Propositions du Gouvernement des États-Unis du Mexique,</i> transmises par M. Carlos Serrano, délégué à la Conférence.....	109-112
VIII. <i>Propositions du Gouvernement de la République Argentine,</i> transmises par M. Juan C. Rollino, délégué à la Conférence.....	113
IX. <i>Proposition du Gouvernement de la Pologne,</i> transmise par M. Zdzislaw Rauszer, délégué à la Conférence.....	114
X. <i>Note du Gouvernement de la Roumanie concernant le Service des Poids et Mesures,</i> transmise par M. St.-C. Statescu, délégué à la Conférence.....	115
XI. <i>Détermination des longueurs des Mètres prototypes n° 10 et 20 de l'alliage du Conservatoire en fonction de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium.</i> Note de MM. Watanabe et Imaizumi.....	116-119
XII. <i>Détermination d'une règle géodésique de 5 mètres en fonction de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium,</i> Note de MM. Watanabe et Masaki.....	120-121
XIII. <i>Résultats des comparaisons d'éléments appartenant à divers laboratoires, faites par les soins de la Chambre Centrale des Poids et Mesures de l'U. R. S. S.</i> Note de MM. M. F. Malikov et A. C. Kolossov.....	122-126
TABLE DES MATIÈRES.....	127-128