

COMPTES RENDUS DES SÉANCES

DE LA

QUATRIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE A PARIS EN 1907.



COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
QUATRIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE A PARIS EN 1907.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1907

1998

1999

2000

2001

2002

2003

COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
QUATRIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES,
RÉUNIE A PARIS EN 1907.

PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES,

LE MARDI 15 OCTOBRE 1907,

Sous la Présidence de M. Henri BECQUEREL,
Vice-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 *.)

- Allemagne*..... *M. W. FOERSTER, Professeur à l'Université de Berlin, Président du Comité international des Poids et Mesures.
M. VON JECKLIN, Consul général de l'Empire d'Allemagne à Paris.
- République Argentine*..... S. Exc. M. ERNESTO BOSCH, Ministre plénipotentiaire de la République Argentine à Paris.
- Autriche*..... *M. V. VON LANG, Membre de la Chambre des Seigneurs, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université de Vienne.
M. L. KUSMINSKY, Inspecteur de la Commission impériale-royale des Poids et Mesures à Vienne.

- Belgique*..... M. E. ROUSSEAU, Président de la Commission consultative des Poids et Mesures à Bruxelles.
- Canada*..... M. JAMES FYFE, Inspecteur en chef des Poids et Mesures du Inland Revenue Department à Ottawa.
- Danemark*..... M. K. PRYTZ, Professeur à l'École Polytechnique à Copenhague.
- Espagne*..... S. EXC. M. F. DE LEON Y CASTILLO, Ambassadeur de S. M. le Roi d'Espagne à Paris.
M. F. MARTIN SANCHEZ, Directeur de l'Institut géographique et statistique d'Espagne.
*M. F. DA PAULA ARRILLAGA, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Madrid.
- États-Unis d'Amérique*..... M. VIGNAUD, Premier Secrétaire de l'Ambassade des États-Unis d'Amérique à Paris.
*M. SAMUEL W. STRATTON, Directeur du Bureau of Standards à Washington.
- France*..... *M. E. MASCART, Membre de l'Institut de France, Président du Bureau national des Poids et Mesures.
M. VIOLLE, Membre de l'Institut de France, Membre du Bureau national des Poids et Mesures, Président de la Commission de Métrologie usuelle.
- Grande-Bretagne et Irlande*. MAJOR MAC-MAHON, Membre de la Société royale, Deputy Warden of Standards à Londres.
*SIR DAVID GILL, Membre de la Société royale de Londres.
- Hongrie*..... *M. L. DE BODOLA, Conseiller aulique, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'École polytechnique de Budapest.
M. HARSANYI, Directeur de la Commission royale hongroise des Poids et Mesures à Budapest.

- Italie*..... *M. P. BLASERNA, Sénateur du Royaume d'Italie, Président de l'Académie dei Lincei, Secrétaire du Comité international des Poids et Mesures.
M. LE COLONEL ALEXIS CHAPPERON, Attaché militaire de l'Ambassade d'Italie à Paris.
- Japon*..... *M. A. TANAKADATE, Professeur à l'Université impériale de Tokyo.
M. SHIRIO KIKKAWA, Chef du Bureau d'inspection des Poids et Mesures au Ministère de l'Agriculture et du Commerce à Tokyo.
- Mexique*..... M. ENRIQUE OLARTE, Premier Secrétaire de la Légation du Mexique à Paris.
M. LE GÉNÉRAL JOSÉ M. PEREZ, à Mexico.
- Norvège*..... *M. A. ARNDTSEN, Directeur général des Poids et Mesures à Christiania.
- Pérou*..... N.
- Portugal*..... N.
- Roumanie*..... M. I.-ST. MURAT, Directeur de l'Institut météorologique et du Service central des Poids et Mesures à Bucarest.
- Russie*..... *M. N. EGOROFF, Conseiller privé, Directeur de la Chambre centrale des Poids et Mesures à Saint-Petersbourg.
M. F. BLUMBACH, Membre de la Chambre centrale des Poids et Mesures à Saint-Petersbourg.
- Serbie*..... S. EXC. M. VESNITCH, Ministre plénipotentiaire du Royaume de Serbie à Paris.
- Suède*..... *M. H.-B. HASSELBERG, Membre de l'Académie des Sciences à Stockholm.
- Suisse*..... M. C. LARDY, Ministre plénipotentiaire de la Confédération Suisse à Paris.
*M. R. GAUTIER, Professeur à l'Université, Directeur de l'Observatoire de Genève.

Tous les délégués assistent à la Séance, à l'exception de S. Exc. M. F. DE LEON Y CASTILLO, Ambassadeur de S. M. le Roi d'Espagne à Paris, qui s'est excusé.

Assistent à la Conférence :

MM. RENÉ BENOÎT, Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

Assistent comme invités :

Le Président de la troisième Conférence générale .

M. BOUQUET DE LA GRYE, Membre de l'Institut de France.

Les Membres du Bureau national des Poids et Mesures :

MM. ÉMILE CÈRE, Député.

G. DARBOUX, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

JULES MARCADET, Chef de Bureau au Ministère du Commerce, Secrétaire du Bureau national.

MOREAUX, Vérificateur en chef des Poids et Mesures.

A. PEROT, Directeur du Laboratoire d'essais au Conservatoire des Arts et Métiers.

Assistent également comme invités :

MM. BIGOURDAN, Membre de l'Institut, Astronome à l'Observatoire de Paris.

le Lieutenant-Colonel BOURGEOIS, Chef de la Section géodésique du Service géographique de l'Armée.

HANUSSE, Directeur du Service hydrographique de la Marine.

HARTMANN, Lieutenant-Colonel en retraite, ancien Directeur des ateliers de l'Artillerie.

LOUIS OLIVIER, Directeur de la *Revue générale des Sciences*.

G. TRESCA, Conservateur honoraire des collections du Conservatoire des Arts et Métiers.

M. G. LIPPMANN, Membre de l'Institut, Membre du Bureau national, s'est excusé.

Sur l'invitation de M. le Président de la Conférence, SON EXCELLENCE M. PICHON, Ministre des Affaires étrangères de la République Française, qui a bien voulu inviter la Conférence à se réunir à l'Hôtel de son Ministère pour la séance d'inauguration, prend le fauteuil de la Présidence.

M. LE MINISTRE ouvre la séance en prononçant le discours suivant :

« MESSIEURS,

» C'est un grand honneur pour moi d'être appelé à présider, suivant l'exemple de mes prédécesseurs, la première séance de votre Conférence générale. Le Gouvernement de la République vous est reconnaissant de l'hommage que vous apportez à la France, au début de chacune de vos réunions périodiques, pour la remercier du service qu'elle a rendu au monde, en dotant, par l'institution du Système Métrique décimal, la science et l'industrie modernes, d'un élément puissant de progrès. Je salue les savants illustres qui viennent de toutes parts poursuivre en commun une œuvre de civilisation dont tous les pays profitent, et je vous adresse mes souhaits les plus cordiaux de bienvenue.

» Depuis votre dernière réunion, des faits importants ont affirmé le développement de cette œuvre.

» Le Dominion du Canada a adhéré à la Convention du Mètre, et il s'est fait représenter pour la première fois à votre Conférence.

» Le Danemark, où il n'existait pas de loi généralisant le Système Métrique, bien qu'il y fût très répandu, vient d'en ordonner l'usage dans un délai qui ne pourra dépasser trois ans.

» Se rendant aux avis que vous aviez si fortement motivés, la France a également modifié sa législation. Elle a, par une loi du 11 juillet 1903, changé la base de son Système Métrique. Aux étalons des Archives, sur lesquels il se fondait depuis la loi du 19 frimaire, an VIII, elle a substitué le Mètre international et le Kilogramme international, sanctionnés par la Conférence générale de 1889 et déposés au Pavillon de Breteuil; elle a, de plus, reconnu comme étalons légaux les copies des Prototypes internationaux déposées aux Archives nationales.

» Ces dispositions n'ont pas seulement mis fin à une anomalie constatée par la Conférence générale de 1901; elles ont fait bénéficier la France de l'accroissement considérable de sécurité apporté aux bases fondamentales du Système Métrique par la création de prototypes qui, grâce au choix du métal et au mode de construction, se prêtent beaucoup mieux que les anciens aux comparaisons et sont, par leur nature, moins altérables. Ainsi la France, malgré les souvenirs

que lui rappelait le Mètre des Archives, a consenti à ne plus lui attribuer que la valeur d'une pièce historique, et à sanctionner à son tour, comme prototypes du Système Métrique, les étalons de Sèvres.

» D'après l'article 7 du Règlement, le but des Conférences générales est 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.

» Le programme qui est soumis aux délibérations de la quatrième Conférence portera tout particulièrement sur le nouveau mode de calcul proposé par le Comité international pour l'échelle des contributions des États ayant adhéré à la Convention du Mètre.

» Vous aurez également à confirmer la décision prise par le Comité international au sujet de l'adhésion donnée par le Canada à cette Convention, et à discuter les propositions qui vous sont soumises pour stipuler à l'avenir les conditions d'accès des Colonies à vos Conférences.

» Dans le cours des six dernières années, le Bureau international a poursuivi des recherches d'un grand intérêt pour le perfectionnement du Système Métrique. Je me contente de signaler ses études sur les témoins naturels de l'unité métrique de longueur et sur le rapport de l'unité de masse à l'unité de volume. Par la première de ces recherches, le Bureau international est parvenu à établir la relation entre le Mètre et la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium avec une exactitude voisine du dix-millionième. Il a entrepris et mené à bonne fin d'importants travaux sur les nouvelles méthodes de mesure des bases en géodésie au moyen de fils métalliques sous tension constante. Grâce à cette nouvelle méthode, un grand nombre de bases géodésiques ont pu être mesurées, ou sont en cours de détermination en divers pays, à l'aide de fils métalliques dont le Bureau international des Poids et Mesures a étudié la construction et fixé la valeur.

» Vous m'excuserez, Messieurs, de me borner à ce bref résumé des progrès les plus récents. Je ne saurais, en effet, prétendre en des matières scientifiques d'une nature aussi spéciale à une compétence qui vous ferait sourire. Mais qu'il me soit permis, en qualité de Ministre des Affaires étrangères d'une Puissance résolument pacifique, de me féliciter de voir réunis ici les représentants les plus autorisés de la science, venus de tant d'États différents. C'est à des hommes, ainsi que vous, adonnés aux recherches les plus élevées et les plus délicates, qu'il appartient de mettre de plus en plus en évidence la communauté des inté-

rêts qui rapproche les nations, et qui peut et doit être le ferme fondement de la paix internationale.

» Je souhaite, en terminant, Messieurs, que les savants travaux auxquels vous allez prendre part soient aussi fructueux en résultats que ceux des Conférences précédentes. »

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

« MONSIEUR LE MINISTRE,

» En ma qualité de Président du Comité international qui, par la Convention du Mètre, est appelé à convoquer les conférences générales des Poids et Mesures, je veux d'abord vous exprimer notre profonde reconnaissance pour l'accueil dont vous honorez la réunion de la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures.

» Vous avez bien voulu, dans votre discours, signaler et apprécier les principaux résultats qui, depuis la Conférence précédente, ont été obtenus par notre Institution internationale. Permettez-moi d'ajouter quelques mots à ce résumé si bienveillant.

» L'importance capitale de la conservation des unités métrologiques pour toutes les sciences, et même pour l'humanité tout entière, exige que rien ne soit négligé pour s'en assurer.

» En conséquence, presque immédiatement après la confection et le sanctionnement des nouveaux prototypes, représentant déjà un progrès considérable de la garantie contre les changements possibles des unités métriques, le Comité a organisé, en commun avec M. Michelson, la première série de comparaisons du Mètre avec les longueurs d'ondes lumineuses fondamentales, prises comme repères et pour ainsi dire comme témoins des prototypes; et la seconde série de comparaisons du Mètre avec ces longueurs naturelles, qui, après un intervalle de quinze ans, a été achevée dans le cours de cette année, paraît déjà, quant au degré de permanence de nos prototypes, donner, par leur rapport avec ces phénomènes obéissant probablement à des lois d'une constance séculaire encore plus assurée, un premier contrôle aussi satisfaisant qu'on eût pu l'espérer.

» La nouvelle série de déterminations a été le résultat de l'application de méthodes créées par deux savants français d'une haute distinction, MM. Perot et Fabry, dont la collaboration avec notre éminent directeur M. Benoît a pu être obtenue pour notre œuvre.

» Une grande partie du travail expérimental consacré à cette recherche a

été exécutée dans le Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, dont les locaux se prêtaient mieux à ces travaux que ceux de notre Observatoire du Pavillon de Breteuil. Ainsi, la France, qui nous donne déjà en permanence l'hospitalité si large, consacrée par la Convention de 1875, n'hésite pas à l'étendre encore toutes les fois que l'intérêt de notre œuvre le fait désirer.

» Une autre détermination fondamentale achevée depuis la dernière Conférence, la détermination du volume du kilogramme d'eau, n'a pas seulement une grande importance pour toutes les mesures de volume demandées dans les recherches chimiques et physiques, ainsi que dans la technique de précision ; l'importance de cette détermination s'est trouvée accrue encore par le fait qu'elle a contribué à développer les applications des ondes lumineuses comme moyens d'une extrême sensibilité pour la mesure des dimensions de corps réguliers limités par des surfaces d'une grande perfection, et particulièrement de corps transparents, en verre ou en quartz.

» On a acquis ainsi la possibilité d'établir des relations extrêmement précises entre les dimensions métriques d'étalons construits en quartz et celles d'étalons en platine iridié. Et, de cette manière, il deviendra possible d'assurer des relations fondamentales entre trois systèmes différents de représentation des unités métriques : un système résultant entièrement de procédés de *fabrication*, comme les étalons de *platine iridié* ; un autre système utilisant une matière naturelle à l'état *crystallisé*, comme des constructions en *quartz* ; enfin un système fourni exclusivement par la nature elle-même, comme les longueurs des ondes lumineuses.

» L'étude approfondie de toutes les déterminations antérieures du volume du kilogramme d'eau depuis la fondation du Système Métrique a permis de constater ce fait, très important pour la perfection de ses relations internes, que l'ajustage initial du Kilogramme prototype, exécuté en 1799 par Lefèvre-Gineau et Fabbroni sous la direction de la fameuse *Commission des Poids et Mesures*, avait atteint, déjà à cette époque, une précision telle que la différence entre ce kilogramme et sa valeur de définition n'a pu être révélée qu'à l'aide des procédés de la plus haute perfection actuellement réalisable.

» Qu'il me soit encore permis de dire quelques mots sur les recherches et travaux de notre Bureau international concernant les applications scientifiques et techniques des aciers-nickels. MM. Benoît et Guillaume ont, en s'appuyant sur les études expérimentales et théoriques que M. Guillaume a su approfondir avec tant d'ingéniosité et avec tant de succès, donné à ces applications, principalement dans le domaine de la géodésie, une telle valeur et un champ tellement vaste, que la propagation du Système Métrique dans toute la Terre en a déjà profité et en profitera davantage encore dans l'avenir.

» Cela me conduit à parler finalement d'une des principales tâches de la présente Conférence générale, relevant plus spécialement de la compétence des hommes d'État, mais intimement liée au développement de l'entente internationale dans presque tous les domaines du travail humain : je veux dire l'adoption d'une nouvelle échelle des contributions des États signataires de la Convention du Mètre. Cette modification a été inspirée au Comité, principalement en vue de faciliter l'entrée dans la Convention des grandes colonies, dont les besoins croissants d'assistance scientifique sur le terrain métrologique se manifestent de plus en plus auprès du Bureau international des Poids et Mesures.

» Nous pouvons espérer que l'adoption définitive de ces propositions contribuera d'une manière décisive à amener la communauté internationale métrologique entre *toutes* les nations.

» Et cette communauté sera en même temps, en conformité avec la pensée qu'exprimait en terminant M. le Ministre, d'une valeur inestimable pour *toutes* les relations des nations ; car c'est dans le même esprit de précision et de critique consciencieuse, formant la base essentielle de la Métrologie, que nous possédons aussi la base la plus sûre de la véritable justice et de la bienveillance mutuelle. »

M. H. BECQUEREL, Président de la Conférence, prononce le discours suivant :

« MONSIEUR LE MINISTRE, MESSIEURS,

» Au nom de l'Académie des Sciences, et en l'absence de son président, j'ai le grand honneur de souhaiter aujourd'hui la bienvenue aux délégués des gouvernements signataires de la Convention du Mètre.

» Quelques-uns d'entre vous étaient présents, il y a dix-huit ans, à la première Conférence générale ; pour la plupart, vous avez fait partie de la réunion dernière ; en vous retrouvant ici pour la quatrième Conférence, vous pouvez, avec une légitime fierté, jeter un regard en arrière, mesurer le chemin parcouru, et contempler votre œuvre : l'unification mondiale du Système métrique pratiquement réalisée, les unités particulières aux diverses nations rapportées aux types internationaux, les grandeurs physiques, connexes de vos mesures, déterminées avec une précision qui n'avait pas été égalée. Votre tâche, à la fois sociale et scientifique, progresse par sa perfection même.

» A côté des institutions conformes au génie de chaque race, à côté des traditions ancestrales qui sont l'âme de la patrie, les peuples doivent une place aux bienfaits qui découlent des conquêtes que l'humanité a réalisées sur elle-même comme sur la nature, et ainsi se sont posés, entre les nations, ces problèmes d'utilité générale dont une des solutions vous est confiée.

» Toutes les réalités sensibles d'ici-bas se réduisent à des nombres, et les nombres eux-mêmes résultent de mesures qui impliquent un choix d'unités. L'homme comprit bien vite que ces unités devaient être constantes et facilement réalisables; d'instinct il les chercha dans la nature.

» Si la répercussion des phénomènes diurnes sur les conditions de la vie lui imposa la durée de la rotation de la Terre comme une unité à la fois invariable et précise dans la mesure du temps, le choix d'unités pour mesurer les autres grandeurs pouvait au contraire donner lieu à des solutions diverses, dont les points de départ furent tout d'abord dérivés des objets qui lui étaient le plus familiers, et qui ont laissé leurs traces dans des systèmes encore actuellement existants.

» Les fondateurs du Système métrique pensèrent donner à leur nouvelle unité une base sûre, invariable et universelle, en la déduisant des dimensions mêmes de la Terre. Aujourd'hui, enfin, devenus de plus en plus exigeants, après avoir reconnu la nécessité de nous arrêter à un type unique, réalisé matériellement, n'allons-nous pas chercher encore des repères de fixité dans la nature, parmi les longueurs d'ondes intangibles des radiations lumineuses?

» L'évidente utilité d'une collaboration universelle a porté les peuples vers l'adoption d'un système commun de mesures, et cette tendance sociale est si pressante que, sans attendre le couronnement de votre œuvre mondiale, le développement presque subit des applications de l'électricité a imposé un système d'unification partielle, qui a devancé l'unification générale que vous poursuivez.

» En 1881, au milieu de l'étonnement de la première exposition d'électricité, les savants et les ingénieurs du monde entier virent qu'une nouvelle industrie venait de naître, et que l'adoption universelle d'un système d'unités électriques était devenue nécessaire.

» Or il s'est trouvé, à ce moment, qu'une nation était depuis près de vingt ans en avance des autres, que ses savants avaient établi un système d'unités théoriques et pratiques, se prêtant admirablement aux expériences de laboratoire comme aux diverses transformations industrielles de l'énergie; et, sous l'inspiration des esprits les plus éminents, parmi lesquels je veux seulement nommer ici Lord Kelvin et Von Helmholtz, on adopta le principe du Système des unités de l'Association Britannique.

» Vous le savez, Messieurs, ce système est celui dont vous gardez la tradition et dont vous assurez la permanence. Il n'est pas aujourd'hui un seul point du globe où l'on fasse une mesure électrique qui ne soit pas rapportée à ces unités, partie intégrante du Système Métrique décimal. On peut dire que, du jour de leur adoption, l'adoption du Système Métrique lui-même était, en fait, devenue universelle; et si, dans quelques pratiques commerciales, si même dans quelques

États, il se rencontre encore des hésitations, vous êtes là, Messieurs, pour les faire tomber, et pour hâter une échéance fatale que souhaitent les esprits éclairés de toutes les nations.

» Quelle institution pourrait inspirer une plus grande confiance que votre Bureau international, lorsqu'on voit les résultats obtenus, et je dirai aussi, lorsqu'on connaît les savants que vous avez chargés d'y travailler sous la direction habile et bienveillante de M. Benoit; lorsqu'on sait au prix de quel talent et de quelle science, de quelle patiente abnégation et de quelle force morale, ils ont pu mener à bien des travaux qui comptent parmi les plus difficiles et les plus minutieux qu'on ait jamais réalisés. Leur seule récompense est la confiance que vous leur témoignez, que leur accordent et tous les savants, et tous les Gouvernements qui ont adhéré à la Convention du Mètre.

» Je n'ai pas à rappeler des travaux que vous connaissez tous; mais laissez-moi énumérer seulement ici quelques-uns de ceux qui vous seront présentés.

» Les mesures de comparaison montrent quel degré de confiance méritent les mètres en platine iridié qui furent l'œuvre de H. Sainte-Claire Deville et de H. Tresca. Une nouvelle preuve de leur permanence est résultée de la comparaison entre la longueur du Mètre international et les longueurs d'onde de divers étalons lumineux; les mesures faites par MM. Benoit, Fabry et Perot, en 1906, s'écartent de moins d'un dix-millionième de celles que MM. Michelson et Benoit avaient exécutées en 1893. Le Président du Comité international rappelait tout à l'heure l'hospitalité reçue au Conservatoire des Arts et Métiers pour l'exécution de ce beau travail, entrepris sous les auspices du Comité. La science française est fière que, fidèle à une vieille tradition, l'un de ses établissements qui a le plus contribué au développement du Système Métrique ait abrité, pour un temps, les instruments qui ont permis d'atteindre un résultat d'une aussi grande importance.

» Un autre travail, réclamé il y a trente-cinq ans par la Commission du Mètre, la détermination précise du volume d'un kilogramme d'eau, a donné des conclusions bien intéressantes: trois méthodes différentes, employées l'une par M. Guillaume, l'autre par M. Chappuis, la troisième par MM. Macé de Lépinay, Benoit et Buisson, ont conduit à des nombres qui diffèrent entre eux au plus de deux millionièmes de leur valeur. Or, on vient de nous le signaler, ces nombres diffèrent de moins d'un trente-millième de la valeur admise en 1799, et l'application de corrections, mieux connues aujourd'hui, ramène le nombre de Lefèvre-Gineau et Fabbroni à deux millionièmes du résultat moyen des expériences actuelles. Quelle confiance, Messieurs, mérite une telle concordance dans les mesures récentes, et quelle admirable entente des méthodes expérimentales a

permis aux fondateurs du Système Métrique de réaliser, il y a un siècle, une telle merveille d'exactitude!

» Je ne saurais, non plus, passer sous silence les grands progrès qui, dans toutes les applications où les corrections dues aux variations de la température jouent un rôle important, ont été obtenus par la belle découverte de M. Guillaume sur les alliages très peu dilatables de fer et de nickel. Il fallait une connaissance théorique et pratique bien profonde des propriétés physiques et chimiques de la matière, pour pressentir l'existence d'une anomalie dont les conséquences sont devenues si importantes pour toute la Métrologie. Vous savez comment les travaux du Bureau international ont transformé les méthodes de mesure des bases géodésiques par l'emploi de l'acier-nickel. Voici maintenant des industries, comme celle de l'horlogerie, qui dans l'emploi de ces alliages trouvent des éléments inespérés d'économie et de précision.

» M. le Ministre vous a montré les progrès accomplis par les sanctions légales nécessaires à l'application du Système Métrique; vous verrez, dans le cours de la Conférence, les autres progrès réalisés dans l'unification pratique des mesures particulières à chaque industrie; ce sont autant d'étapes vers l'unification mondiale.

» En présence de l'utilité universelle de la grande entreprise que vous poursuivez pour le bien des nations, de la rigueur et de la perfection de vos méthodes, qui dans tous les domaines de l'activité humaine portent l'unité et la lumière, je ne puis m'empêcher d'évoquer cette apostrophe déjà centenaire : « Aveugle qui ne le voit pas. »

S. Exc. M. LARDY prend la parole au nom de MM. les Délégués :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

» Comme doyen des délégués étrangers, permettez-moi, en l'absence de M. l'Ambassadeur d'Espagne, de vous remercier vivement, à mon tour, des paroles de bienvenue que vous nous avez fait l'honneur de nous adresser au nom du Gouvernement de la République française.

» Je dois avouer qu'en me levant pour vous répondre, comme je l'avais fait à la première Conférence du « Mètre » pour répondre à votre prédécesseur, M. Spuller, je ne puis me défendre d'un certain sentiment de mélancolie; presque tous les membres de la Conférence d'alors sont aujourd'hui descendus dans la tombe : M. Spuller; le président de la Conférence, M. Des Cloizeaux; le président d'alors du Comité international, M. le général Ibañez; le secrétaire du Comité, mon regretté compatriote M. Hirsch; l'éminent M. Bertrand, de

l'Académie française et de l'Académie des Sciences; M. Wild, aussi mon compatriote, directeur de l'Institut physique de Saint-Petersbourg; seuls je retrouve au milieu de nous l'éminent président du Comité international, M. le professeur Foerster, M. le professeur von Lang et le directeur de notre Bureau international, M. le D^r Benoit. Je n'ose dire des survivants tout le bien que nous en pensons; mais vous comprendrez que j'aie à cœur d'apporter le témoignage de notre respect à la mémoire des hommes illustres et excellents dont nous déplorons l'absence; à leurs noms, je tiens à joindre celui de M. Broch, le premier Directeur du Bureau international, enlevé à son poste, peu de mois avant la première Conférence, à la préparation de laquelle il avait donné ses dernières pensées, et qu'il considérait comme devant être le couronnement de sa longue et brillante carrière.

» Il ne m'appartient pas, Monsieur le Ministre, d'anticiper sur les travaux de la Conférence; mais il me sera permis de constater après vous un fait qui est de notoriété publique: ce sont les progrès accomplis, dans le champ d'études qui nous réunit aujourd'hui, depuis la fondation du Bureau international des Poids et Mesures.

» Dans le domaine scientifique, les étalons qu'il a étudiés résistent à l'épreuve des années, et l'expérience démontre leur prodigieuse exactitude.

» Les longues recherches entreprises en vue d'établir la relation entre le Mètre et les longueurs d'ondes lumineuses fondamentales, celles sur le volume du Kilogramme d'eau et sur les échelles thermométriques doivent aussi être mentionnées avec de grands éloges.

» Enfin et surtout, il convient de constater les progrès réalisés et le terrain gagné, dans l'opinion publique universelle, par le Système Métrique. Ces progrès sont relatés dans le lumineux rapport qui nous est présenté par M. Guillaume, directeur-adjoint du Bureau de Breteuil. Il est incontestable que, si l'on compare la liste relativement modeste des États qui subventionnent notre Bureau international avec la liste interminable des États qui composent l'Union télégraphique et surtout l'Union postale, il y a encore bien des progrès à réaliser, bien des efforts à faire. La marche en avant est néanmoins certaine chez les Gouvernements et dans l'opinion, et nous saluons en particulier avec joie la manifestation des Premiers Ministres des colonies britanniques autonomes en faveur du Système Métrique, comme aussi l'entrée définitive du Dominion du Canada dans notre Union. Votre présence parmi nous, Monsieur le Ministre, nous prouve que le Gouvernement de la République française continuera à nous prêter l'appui de sa haute influence dans le monde, et nous espérons que tous nos Gouvernements associeront leurs efforts à ceux de la France, pour assurer le succès définitif du Système Métrique.

» Il serait profondément ingrat d'oublier que, pendant un siècle, c'est la France qui a été le porte-drapeau de ce système, et qu'en 1875, lorsqu'il s'est agi de lui donner une base internationale, le Gouvernement français et les savants français ont, avec une grande abnégation, fait abandon de la situation prépondérante de leur pays, pour s'associer loyalement à l'internationalisation du Mètre et pour consentir à la création d'un institut permanent, alors que l'opinion française n'était pas très favorable à cette création. Les faits ont justifié cette conception d'un Bureau international permanent; ce Bureau est devenu non seulement un lumineux foyer scientifique, le laboratoire par excellence pour l'étude des problèmes les plus élevés de la Métrologie, mais un instrument d'incessante et vivante propagande dans le monde entier. Par son abnégation au moment opportun, la France a travaillé ainsi au triomphe du Mètre, autant et plus peut-être que par l'audace avec laquelle elle l'avait introduit et maintenu pendant la première moitié du XIX^e siècle.

» Nous sommes donc heureux et fiers, Monsieur le Ministre, de nous réunir dans ce noble pays de France, qui a rendu tant de services à la cause pour laquelle nous sommes aujourd'hui rassemblés. L'hospitalité que la France accorde avec tant de bonne grâce à notre Comité international et à notre Bureau nous rappelle les soins d'une mère pour son enfant; aucune comparaison ne saurait être plus exacte, et aucune reconnaissance ne saurait être plus légitime, plus naturelle et plus profonde que celle dont je suis heureux d'être, au nom de mes collègues étrangers, l'interprète auprès de vous. »

M. LE PRÉSIDENT annonce ensuite que les séances ultérieures de la Conférence auront lieu dans la salle du Comité international des Poids et Mesures, au Pavillon de Breteuil, à Sèvres :

La deuxième, le jeudi 17 octobre ;

La troisième, le samedi 19 octobre ;

La quatrième, le mardi 22 octobre,

et que toutes ces séances commenceront à 2 heures et demie.

Il fait distribuer à MM. les Délégués l'ordre du jour qui a été préparé par le Comité pour l'ensemble des séances.

PREMIÈRE SÉANCE.

LE MARDI 15 OCTOBRE 1907, A 2 HEURES.

Séance d'inauguration au Ministère des Affaires étrangères, à Paris.

Discours de 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. H. Becquerel, Vice-Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Président de la Conférence.

Discours de M. Lardy, Ministre plénipotentiaire de la Confédération suisse, au nom des Délégués.

DEUXIÈME SÉANCE.

LE JEUDI 17 OCTOBRE 1907, A 2 HEURES ET DEMIE,

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

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; fixation du nombre des voix, et 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. Propositions du Comité concernant le nouveau mode de répartition des contributions annuelles et les modifications déjà approuvées par les Conférences précédentes; accession des Colonies à la Convention du Mètre.
6. Renouvellement par moitié du Comité international.

TROISIÈME SÉANCE.

LE SAMEDI 19 OCTOBRE 1907, A 2 HEURES ET DEMIE,

au Pavillon de Breteuil.

1. Décisions concernant la vérification périodique des Prototypes et sanctionnement des nouvelles équations.
2. Nouvelle détermination fondamentale concernant la comparaison du Mètre aux longueurs d'ondes lumineuses.

3. Communication à la Conférence, relative à la détermination du volume du kilogramme d'eau.
4. Nouveaux procédés pour la mesure des bases géodésiques.

QUATRIÈME SÉANCE.

LE MARDI 22 OCTOBRE 1907, A 2 HEURES ET DEMIE,

au Pavillon de Breteuil.

1. État de la législation des Poids et Mesures dans les différents pays qui ont adhéré à la Convention.
2. Exposé des progrès du Système métrique et discussion sur les mesures à provoquer ou à prendre pour sa propagation ultérieure et son perfectionnement.
3. Propositions éventuelles de MM. les Délégués ou du Comité.

M. LE PRÉSIDENT déclare levée la séance d'inauguration.

DEUXIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE AU BUREAU INTERNATIONAL AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE JEUDI 17 OCTOBRE 1907.

Présidence de M. H. BECQUEREL, Vice-Président de l'Académie des Sciences.

Sont présents :

A. *Les délégués* : MM. ARNDTSEN, d'ARRILLAGA, BLASERNA, DE BODOLA, BLUMBACH, BOSCH, CHAPPERON, EGOROFF, FOERSTER, FYFE, GAUTIER, GILL, HASSELBERG, HARSANYI, VON JECKLIN, KIKKAWA, KUSMINSKY, VON LANG, LARDY, MAC-MAHON, MASCART, MURAT, OLARTE, PEREZ, PRYTZ, ROUSSEAU, SANCHEZ, STRATTON, TANAKADATE, VESNITCH, VIGNAUD, VIOLLE.

SON EXCELLENCE M. F. DE LEON Y CASTILLO s'est fait excuser.

B. *Le Directeur et le Directeur-adjoint du Bureau international* : MM. BENOÎT et GUILLAUME.

C. *Les invités* : MM. BIGOURDAN, E. CÈRE, DESLANDRES, FAVÉ, OLIVIER, PEROT.

La séance est ouverte à 2^h30^m.

M. le PRÉSIDENT, avant de commencer les travaux de l'ordre du jour, fait part de la perte cruelle que vient de faire la science en la personne de M. Maurice Lœwy, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, l'un des derniers survivants de la Section française de la Commission internationale du Mètre de 1872.

M. le PRÉSIDENT prie M. le Secrétaire du Comité, M. BLASERNA, de prendre temporairement place au bureau, et lui donne la parole pour la lecture du Compte rendu de la séance d'inauguration.

Le Compte rendu est lu et adopté.

M. BLASERNA déclare que le bureau du Comité a examiné avec soin des documents officiels accréditant les Délégués des différents Gouvernements à la quatrième Conférence générale. Ces titres sont déposés aux Archives du Bureau. Il en résulte que les pouvoirs de MM. les Délégués sont tout à fait réguliers. Deux États seulement, le Pérou et le Portugal, ne se sont pas fait, jusqu'à présent, représenter.

M. BLASERNA rappelle ensuite que, à son article 7, le Règlement annexé à la Convention du Mètre stipule que chaque État a droit à une voix.

M. le PRÉSIDENT fait, en conséquence, procéder à l'appel de MM. les Délégués ; il les prie de bien vouloir indiquer celui d'entre eux chargé de voter pour son État. Il en résulte les désignations suivantes :

- Pour l'*Allemagne*, M. VON JECKLIN.
- Pour la *République Argentine*, M. ERNESTO BOSCH.
- Pour l'*Autriche*, M. VON LANG.
- Pour la *Belgique*, M. ROUSSEAU.
- Pour le *Canada*, M. JAMES FYFE.
- Pour le *Danemark*, M. PRYTZ.
- Pour l'*Espagne*, M. MARTIN SANCHEZ.
- Pour les *États-Unis d'Amérique*, M. STRATTON.
- Pour la *France*, M. MASCART.
- Pour la *Grande-Bretagne et Irlande*, M. MAC-MAHON.
- Pour la *Hongrie*, M. DE BODOLA.
- Pour l'*Italie*, M. CHAPPERON.
- Pour le *Japon*, M. KIKKAWA.
- Pour le *Mexique*, M. OLARTE.
- Pour la *Norvège*, M. ARNDTSEN.
- Pour la *Roumanie*, M. MURAT.
- Pour la *Russie*, M. EGOROFF.
- Pour la *Serbie*, M. VESNITCH.
- Pour la *Suède*, M. HASSELBERG.
- Pour la *Suisse*, M. LARDY.

Vingt pays sont donc représentés avec 20 votes. Il reste entendu que, si un Délégué chargé du vote ne peut assister à une séance, son vote passe à son collègue du même État.

M. le PRÉSIDENT rappelle que le moment est venu d'élire le Secrétaire définitif de la Conférence.

M. BLASERNA, Secrétaire du Comité international, est nommé, par acclamation, Secrétaire de la quatrième Conférence générale. Il remercie la Conférence de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire.

Conformément à l'ordre du jour, M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Foerster, Président du Comité international, pour son Rapport sur les travaux accomplis depuis l'époque de la dernière Conférence.

M. FOERSTER donne lecture du Rapport suivant :

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

« D'après l'article 19 du Règlement de la Convention, le Président du Comité doit rendre compte, à la Conférence générale, des travaux accomplis depuis l'époque de sa dernière réunion.

» Au sujet des travaux scientifiques consacrés au perfectionnement et à la consolidation toujours plus complète des bases du Système Métrique et de la Métrologie en général, je me suis déjà permis, dans ma réponse au discours de M. le Ministre des Affaires étrangères, de signaler, en quelques aperçus généraux, les progrès accomplis depuis la dernière Conférence générale dans ces études fondamentales, et de faire entrevoir, en même temps, quelques-unes des perspectives qu'ils ouvrent pour l'avenir.

» Les rapports détaillés prévus dans l'ordre du jour, pour la troisième séance, sur les recherches fondamentales consacrées à la comparaison du Mètre aux longueurs d'ondes lumineuses, et sur les travaux relatifs à la détermination du volume du Kilogramme, d'eau seront présentés à la Conférence par les savants les plus compétents eux-mêmes, auxquels nous sommes si profondément reconnaissants pour les beaux résultats obtenus dans ces questions élevées et difficiles, je veux dire par MM. Benoît et Guillaume.

» Et, quant aux travaux exécutés par notre Bureau international dans l'intérêt de la mesure des bases géodésiques, ce seront aussi MM. Benoît et Guillaume qui vous apporteront, dans la même séance, toutes les informations essentielles sur ces services éminents rendus par le Bureau, et dont j'ai pu seulement, dans ma réponse au discours de M. le Ministre, mentionner la grande utilité pour la propagation du Système métrique.

» Il appartiendra à mon Rapport d'aujourd'hui de vous donner d'abord une information statistique *sommaire* au sujet des travaux de vérification qui ont été exécutés depuis l'époque de la dernière Conférence générale.

» Dans ces six années, le Bureau a accompli un total de cinq cent dix vérifications, toujours de haute précision, dont

» 160 appartiennent à des étalons de *longueur*;

» 29 appartiennent à des étalons de *masse*;

» 100 appartiennent à des *thermomètres* étalons;

» 221 appartiennent à des *fil/s* et *rubans*, pour la plupart en acier-nickel.

» Dans le même intervalle de temps, le Bureau international s'est occupé encore de la poursuite de la première comparaison périodique des Kilogrammes prototypes, aussi bien des prototypes témoins appartenant au Service international lui-même que des kilogrammes prototypes appartenant aux différents Services nationaux des Poids et Mesures.

» Le Rapport de M. Guillaume sur les récents progrès du Système métrique, qui est dans vos mains, reproduit, dans sa première partie, les résultats de ces comparaisons. Parmi les 16 Kilogrammes qui ont participé à ces opérations, il s'en est trouvé dix pour lesquels on n'a pas pu constater le moindre changement depuis leur première détermination sanctionnée par la Conférence générale de 1889; car on a retrouvé pour ces prototypes, à moins d'un centième de milligramme, près les mêmes équations qu'il y a près de vingt ans. Pour quatre des autres kilogrammes, on a constaté des différences de l'ordre du centième de milligramme pour lesquelles les lois des probabilités permettent encore de conserver l'équation initiale, eu égard à la possibilité d'une accumulation pour ainsi dire fortuite des erreurs d'observation, inévitables dans toutes les déterminations, même les plus précises.

» Pour deux Kilogrammes, on a constaté l'indication indubitable d'un très petit changement atteignant, pour l'un d'eux, un demi-dixième de milligramme. Nous proposerons donc, dans la prochaine séance, d'établir et de sanctionner une nouvelle équation pour ces Kilogrammes.

» Mais le premier contrôle périodique des Kilogrammes prototypes nationaux n'est pas encore terminé par cette série de comparaisons.

» Il reste quatorze des États signataires de la Convention du Mètre qui n'ont pas encore présenté leur Kilogramme prototype pour participer au bienfait commun du contrôle. Le Comité proposera donc à la Conférence, dans sa prochaine séance, d'agréer une décision générale, qui prolongera encore de trois ans la première période des comparaisons réglementaires des Kilogrammes prototypes, et ouvrira la deuxième période dix ans après ce terme.

» L'expérience acquise jusqu'à présent a clairement démontré, dans le domaine de ces attributions du Bureau international, le haut degré de sûreté de la conservation de l'unité de masse, garanti par le noyau de contrôle constitué par les prototypes et témoins du Kilogramme, conservés par le Bureau international.

» Quant aux prototypes du Mètre, la nécessité d'un contrôle paraît être beaucoup moins pressante, non seulement pour des raisons en quelque sorte théoriques, mais aussi en tenant compte des résultats de toutes les comparaisons exécutées dans les vingt dernières années entre les prototypes et témoins du Mètre déposés au Bureau international, ainsi que l'expose le Rapport de M. Guillaume sur les récents progrès du Système Métrique.

» Le Comité avait donc, jusqu'à présent, ajourné le commencement des comparaisons périodiques des prototypes nationaux du Mètre.

» Deux seulement de ces prototypes ont dû être contrôlés au Bureau international pour répondre aux désirs des Services nationaux des Poids et Mesures auxquels ils ont été attribués. L'un d'eux, appartenant à l'Allemagne, était considéré comme susceptible d'avoir subi une modification par le fait d'un accident avoué par un observateur qui avait eu à le manier. En effet, la comparaison faite au Bureau international a indiqué un changement de l'équation qui atteint sept dixièmes de micron, et dépasse ainsi les limites des erreurs fortuites des comparaisons. Le Comité proposera donc un nouveau sanctionnement pour l'équation actuelle de ce prototype.

» Pour le second des prototypes nationaux du Mètre, déjà présenté au contrôle du Bureau international, c'est-à-dire le prototype appartenant au Service des Poids et Mesures des États-Unis, la comparaison a conduit à une nouvelle équation qui diffère seulement de trois dixièmes de micron de la valeur sanctionnée en 1889, quantité dont on ne peut pas affirmer assez sûrement la réalité, et qui reste encore dans les limites des incertitudes possibles de l'ancienne et de la nouvelle détermination. Ainsi, il n'existe aucune nécessité de substituer, pour ce prototype, une nouvelle équation à celle qui a été admise jusqu'ici.

» Le Comité proposera, dans la prochaine séance, de fixer le commencement des comparaisons périodiques réglementaires pour les prototypes du Mètre à l'année 1914, c'est-à-dire 25 ans après le premier sanctionnement.

» Je crois, Messieurs, pouvoir me dispenser de donner des détails sur les discussions et études du Comité concernant les modifications du Règlement de la Convention, qui ont été proposées aux Hauts Gouvernements signataires, et devront être soumises au vote formel de cette Conférence générale. Les circulaires du bureau du Comité et le Rapport de M. le Secrétaire du Comité vous en auront donné et vous donneront encore toutes les informations nécessaires à cet égard.

» Vous me pardonnerez, Messieurs, si, au nom de tous les membres du Comité et au mien, je cède en terminant au légitime désir de rendre hommage à l'habileté et à la grande sagesse que M. Blaserna a déployées dans ces délicates négociations. C'est avec la plus intime connaissance de l'activité de M. le Secrétaire que je tiens à l'affirmer hautement. »

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Secrétaire pour exposer les propositions du Comité concernant le nouveau mode de répartition des contributions annuelles et les modifications déjà approuvées par les Conférences précédentes.

M. BLASERNA s'exprime de la façon suivante :

« Dans sa session de 1903, le Comité a reconnu comme nécessaire de proposer aux Hautes Parties contractantes un nouveau mode pour la répartition des contributions. Le volume des Procès-Verbaux de cette session contient toute la discussion qui a eu lieu sur cet important sujet. Les événements qui suivirent peu après déterminèrent le bureau du Comité à surseoir à la communication qu'il était chargé de faire aux Hautes Parties contractantes ; de sorte que la circulaire contenant cette communication ne leur fut adressée qu'à la date du 12 novembre 1904.

» Cette circulaire contenait seulement les principes de la réforme proposée, et priaît les Gouvernements de faire connaître leurs vues à cet égard. Dès la session de 1905, un grand nombre d'États s'étaient déjà déclarés favorables à ces principes. Le Gouvernement des États-Unis de l'Amérique du Nord, en les acceptant, manifesta le désir de les voir formulés par articles.

» En conséquence, le Comité, dans sa session de 1905, a formulé ces propositions dans un nouveau texte destiné à remplacer l'ancien article 20 du Règlement annexé à la Convention du Mètre. En même temps, il a profité de ce remaniement pour mettre les articles 6 et 19 en harmonie avec les décisions qui avaient été prises par les Conférences générales antérieures.

» Ces nouveaux textes ont été présentés aux Hautes Parties contractantes, avec les explications qu'ils comportaient, par la circulaire du 3 juin 1905. Après une longue correspondance échangée par le bureau du Comité avec plusieurs gouvernements, ces nouveaux textes ont été approuvés par l'unanimité des États, sauf pour le Pérou qui n'a pas répondu.

» Tout en approuvant la rédaction du Comité, l'Angleterre, la France, le Danemark et le Japon ont voulu être assurés que la disposition de l'article 12 de la Convention serait formellement réservée. Cet article est ainsi conçu :

« Les Hautes Parties contractantes se réservent la faculté d'apporter, d'un commun accord, à la présente Convention, toutes les modifications dont l'expérience démontrerait l'utilité. »

» Le Comité, en examinant cette question, a été d'avis que les mots *d'un commun accord* doivent être interprétés dans ce sens, qu'un État, même seul, peut, par son opposition formellement exprimée, empêcher une modification proposée. Mais, si un État n'est pas représenté à la Conférence, ou, ce qui est

équivalent, si, interrogé, même à plusieurs reprises, il ne répond pas, son abstention et son silence ne sauraient avoir d'autre signification que celle qu'il accepte implicitement, et qu'il laisse aux autres États, le soin de régler la question.

» Le Comité propose donc à la Conférence d'ajouter à la fin du nouvel article 6 du Règlement de la Convention le paragraphe suivant :

« La décision sera valable seulement dans le cas où aucun des États contractants n'aura exprimé, ou n'exprimera dans la Conférence, un avis contraire. »

» Le Comité est très heureux de pouvoir annoncer à la Conférence que la Colonie anglaise du Canada, avec le consentement du Gouvernement de sa Majesté britannique, est entrée dans la Convention du Mètre en qualité d'État contractant. Le Canada, qui est ainsi la première colonie adhérente à la Convention, est déjà représenté à la Conférence générale de cette année par son propre délégué.

» La correspondance échangée à ce sujet avec le Haut Gouvernement de Grande-Bretagne et d'Irlande, ainsi que les déclarations parvenues dans ces derniers jours au Comité de la part de MM. les Délégués anglais, ont démontré la nécessité d'établir une distinction formelle entre les colonies non autonomes et les colonies dont l'autonomie administrative et politique est reconnue par le Gouvernement métropolitain. Les premières constituent une dépendance de la Métropole et comptent seulement comme augmentation de la population. Les secondes, au contraire, si elles sont suffisamment grandes et peuplées, peuvent aspirer à leur autonomie même au point de vue de la Convention, comme c'est le cas du Dominion du Canada.

» Or, il ne serait pas indiqué de soumettre à la même règle toutes les colonies autonomes, et de les considérer comme États contractants. Comme la prérogative de se faire représenter par ses propres délégués aux Conférences générales entraîne, d'autre part, des charges assez considérables, soit comme taxe d'entrée, soit comme frais de délégation, plusieurs colonies, même autonomes à d'autres points de vue, pourraient désirer rester comprises dans la population globale de la Métropole. En tout cas, le Comité n'est pas compétent pour établir ces distinctions, d'autant moins qu'il ne correspond pas directement avec les colonies. C'est exclusivement aux Gouvernements métropolitains qu'il incombe de déclarer au Comité selon quel régime une colonie doit faire partie de la Convention du Mètre.

» Le Comité demande donc à la Conférence de bien vouloir adopter les deux paragraphes suivants, rédigés d'accord avec MM. les Délégués de Grande-Bretagne et d'Irlande, pour faire partie de l'article 20 du Règlement de la Convention :

« Si un État, ayant adhéré à la Convention, déclare en vouloir étendre le bénéfice à

une ou plusieurs de ses colonies non autonomes, le chiffre de la population desdites colonies sera ajouté à celui de l'État pour le calcul de l'échelle des contributions.

» Lorsqu'une colonie reconnue autonome désirera adhérer à la Convention, elle sera considérée, en ce qui concerne son entrée dans cette Convention, suivant la décision de la métropole, soit comme une dépendance de celle-ci, soit comme un État contractant. »

» Les textes des trois articles 6, 19 et 20 ainsi complétés seraient donc définitivement rédigés dans les termes suivants, que le Comité prie la Conférence générale de bien vouloir sanctionner par son vote.

PROPOSITIONS

DE

MODIFICATIONS A APPORTER AU RÈGLEMENT

ANNEXÉ A LA CONVENTION DU MÈTRE.

(Texte définitif proposé par le Comité international.)

ART. 6. — La dotation annuelle du Bureau international est fixée à 100000^{fr.}

Le Comité est chargé d'établir, sur la proposition du Directeur, le budget annuel, mais sans pouvoir dépasser cette somme de 100000^{fr.}. Ce budget est porté, chaque année, dans un Rapport spécial financier, à la connaissance des Gouvernements des Hautes Parties contractantes.

Dans le cas où le Comité jugerait nécessaire d'apporter une modification, soit à la dotation annuelle, soit au mode de calcul des contributions déterminé par l'article 20 du présent Règlement, il devrait soumettre ce projet de modification aux Gouvernements, de façon à leur permettre de donner, en temps utile, les instructions nécessaires à leurs délégués à la Conférence générale suivante, afin que celle-ci puisse délibérer valablement. La décision sera valable seulement dans le cas où aucun des États contractants n'aura exprimé, ou n'exprimera dans la Conférence, un avis contraire.

ART. 19. — Le Directeur du Bureau adressera, à chaque session, au Comité :

- 1° Un Rapport financier sur les comptes des exercices précédents, dont il lui sera, après vérification, donné décharge ;
- 2° Un Rapport sur l'état du matériel ;
- 3° Un Rapport général sur les travaux accomplis depuis la session précédente.

Le bureau du Comité international adressera, de son côté, à tous les Gouvernements des Hautes Parties contractantes, un Rapport annuel sur la situation administrative et financière du Service, et contenant la prévision des dépenses de l'exercice suivant, ainsi que le Tableau des parts contributives des États contractants.

Le Président du Comité rendra compte, à la Conférence générale, des travaux accomplis depuis l'époque de sa dernière réunion.

Les Rapports et les publications du Comité et du Bureau seront rédigés en langue française et communiqués aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes.

ART. 20. — L'échelle des contributions, dont il est question à l'article 9 de la Convention, est établie sur la base de la dotation fixée par l'article 6 du présent Règlement et sur celle de la population; mais la contribution normale de chaque État ne peut pas être inférieure à 500^{fr}, ni supérieure à 15 000^{fr}, quel que soit le chiffre de la population.

Pour établir cette échelle, on détermine d'abord quels sont les États qui se trouvent dans les conditions voulues pour ce minimum et ce maximum; et l'on répartit le reste de la somme contributive entre les autres États, en raison directe du chiffre de leur population.

Les parts contributives ainsi calculées sont valables pour toute la période de temps comprise entre deux Conférences générales consécutives, et ne peuvent être modifiées, dans l'intervalle, que dans les cas suivants :

a. Si l'un des États adhérents a laissé passer trois années successives sans faire ses versements;

b. Si, au contraire, un État antérieurement retardataire de plus de trois ans ayant versé ses contributions arriérées, il y a lieu de restituer aux autres Gouvernements les avances faites par eux;

c. Ou si, enfin, un nouvel État a accédé à la Convention.

Si un État ayant adhéré à la Convention déclare en vouloir étendre le bénéfice à une ou plusieurs de ses Colonies non autonomes, le chiffre de la population desdites Colonies sera ajouté à celui de l'État pour le calcul de l'échelle des contributions.

Lorsqu'une Colonie, reconnue autonome, désirera adhérer à la Convention, elle sera considérée, en ce qui concerne son entrée dans cette Convention, suivant la décision de la Métropole, soit comme une dépendance de celle-ci, soit comme un État contractant.

M. le PRÉSIDENT demande à MM. les Délégués s'ils désirent présenter des observations, soit sur les explications de M. le Secrétaire, soit sur les textes définitifs des trois articles du Règlement proposés par le Comité. Ayant constaté qu'aucun des Délégués ne demande la parole, il expose que l'on peut procéder aux votes, soit paragraphe par paragraphe, si le désir en est manifesté, soit, dans le cas contraire, article par article.

Personne ne demandant le vote par paragraphe, M. le Président met au voix par main levée successivement les trois textes destinés à devenir les nouveaux articles 6, 19 et 20 du Règlement annexé à la Convention du Mètre. Les résultats de ces votes sont les suivants :

l'Article 6 est adopté par 20 voix sur 20 votants,

l'Article 19 est adopté par 20 voix sur 20 votants,

l'Article 20 est adopté par 20 voix sur 20 votants.

M. le PRÉSIDENT met ensuite aux voix, par appel nominal, l'ensemble des trois articles. Voici le résultat du vote :

Ont voté *oui* : l'ALLEMAGNE, la RÉPUBLIQUE ARGENTINE, l'AUTRICHE, la BELGIQUE, le CANADA, le DANEMARK, l'ESPAGNE, les ÉTATS-UNIS DE L'AMÉRIQUE DU NORD, la FRANCE, la GRANDE-BRETAGNE et IRLANDE, la HONGRIE, l'ITALIE, le JAPON, le MEXIQUE, la NORVÈGE, la ROUMANIE, la RUSSIE, la SERBIE, la SUÈDE et la SUISSE.

M. le PRÉSIDENT constate que le vote a eu pour résultat l'adoption des trois nouveaux articles 6, 19, 20 du Règlement par 20 voix sur 20 votants, c'est-à-dire par *l'unanimité des États représentés à la Conférence*.

M. le SECRÉTAIRE déclare au nom du Comité que, conformément à ce vote, le bureau du Comité présentera aux Gouvernements des Hauts États contractants, dans son Rapport spécial financier, le Tableau des contributions pour l'année 1908, calculé sur la base du nouveau mode de répartition qui vient d'être adopté.

M. le PRÉSIDENT, passant au dernier point de l'ordre du jour, qui concerne le renouvellement par moitié du Comité international, conformément à l'article 7 du Règlement, expose que, dans cette moitié renouvelable, sont d'abord compris les quatre membres cooptés par le Comité lui-même depuis la troisième Conférence générale, c'est-à-dire :

MM. MASCART, STRATTON, GILL et TANAKADATE.

Il reste donc trois membres sortants à désigner par le sort, parmi les dix anciens membres, savoir :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILAGA, BLASERNA, DE BODOLA, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, HASSELBERG, HÉPITÈS et VON LANG.

M. le PRÉSIDENT procède au tirage au sort; et les membres sortants désignés sont :

MM. FOERSTER, GAUTIER et HASSELBERG.

Il fait remarquer que tous les membres sortants sont rééligibles, et il invite MM. les Délégués à préparer leurs bulletins de vote. Il fait procéder à l'appel nominal, et chaque Délégué votant dépose son bulletin dans l'urne.

Le dépouillement donne les résultats suivants :

M. FOERSTER	20 voix sur 20 votants
M. GAUTIER	20 »
M. HASSELBERG	19 »
M. MASCART	19 »
M. STRATTON	19 »
M. GILL	20 »
M. TANAKADATE	20 »
M. PRYZ	1 »

M. le PRÉSIDENT proclame donc élus comme membres du Comité international :

MM. FOERSTER, GAUTIER, GILL, HASSELBERG, MASCART, STRATTON, TANAKADATE.

M. le PRÉSIDENT prie le nouveau Comité de se réunir après la séance pour se constituer.

La séance est levée à 4^h 30^m.

TROISIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE AU BUREAU INTERNATIONAL AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE SAMEDI 19 OCTOBRE 1907.

Présidence de M. H. BECQUEREL, Vice-Président de l'Académie des Sciences.

Sont présents :

A. *Les Délégués* : MM. ARNDTSEN, d'ARRILLAGA, BLASERNA, DE BODOLA, BLUMBACH, BOSCH, CHAPPERON, EGOROFF, FOERSTER, FYFE, GAUTIER, GILL, HASSELBERG, HARSANYI, VON JECKLIN, KIKKAWA, KUSMINSKY, VON LANG, MAC-MAHON, MASCART, MURAT, OLARTE, PEREZ, PRYTZ, ROUSSEAU, SANCHEZ, STRATTON, TANAKADATE, VESNITCH, VIOLLE.

B. *Le Directeur et le Directeur-adjoint du Bureau international* : MM. BENOÎT et GUILLAUME.

C. *Les invités* : MM. BASSOT, BIGOURDAN, CARPENTIER, DESLANDRES, FAVÉ, MARCADET, OLIVIER, PEROT.

M. BAUDOUIN-BUGNET, représentant Son Excellence M. Doumergue, Ministre du Commerce de la République française, assiste à la séance, et, sur l'invitation de M. le Président, prend place au bureau.

La séance est ouverte à 2^h30^m.

Le Compte rendu de la deuxième séance est lu et adopté.

M. BAUDOUIN-BUGNET expose que M. le Ministre du Commerce avait l'intention et le vif désir de prendre part aux travaux de la Conférence. Des engagements antérieurs l'ayant empêché d'assister aux précédentes séances, et l'ouverture de la Chambre des Députés ne lui permettant pas d'être libre mardi prochain, il avait espéré pouvoir venir aujourd'hui, mais, étant souffrant, il s'est trouvé, à son grand regret, dans l'impossibilité de se rendre à Breteuil. Il a donc

chargé M. Baudouin-Bugnet d'apporter ses excuses à MM. les Délégués en les assurant du grand intérêt qu'il porte à leur œuvre, si importante tant au point de vue de la science que pour les grands Services des poids et mesures, qui relèvent de son Ministère.

M. Baudouin-Bugnet ajoute que, si MM. les Délégués croyaient pouvoir rendre visite à M. le Président de la République, M. le Ministre se ferait un honneur de les présenter lui-même au Chef de l'État.

M. BECQUEREL prie M. Baudouin de bien vouloir exprimer, au nom de la Conférence, tous ses remerciements à M. le Ministre, et donne la parole à M. Vesnitch, Ministre de Serbie.

M. VESNITCH s'associe aux remerciements de M. le Président pour l'intérêt bienveillant que M. le Ministre du Commerce vient de manifester, par l'organe de son Représentant, à l'égard de la Conférence et de ses travaux. MM. les Délégués lui sont également reconnaissants de l'amabilité avec laquelle il leur fait entrevoir la possibilité de présenter leurs hommages au vénéré Chef de l'État français, dont ils apprécient l'hospitalité si gracieuse et si discrète. Mais la réalisation de ce vœu dépend du jour de la rentrée de M. le Président de la République. M. Vesnitch estime qu'il appartient au bureau de la Conférence de s'entendre à ce sujet avec M. le Ministre du Commerce.

M. BAUDOUIN-BUGNET déclare qu'il rapportera fidèlement ces paroles à M. le Ministre, qui en sera très reconnaissant.

M. le PRÉSIDENT mentionne que l'ordre du jour appelle les décisions concernant la vérification périodique des prototypes et le sanctionnement des nouvelles équations.

M. BENOÎT, Directeur du Bureau international, présente à la Conférence l'exposé suivant :

« L'une des tâches essentielles confiées par la Convention du Mètre au Bureau international des Poids et Mesures consiste, conformément aux termes du paragraphe 3 de l'Article 6 de cette Convention, dans « les comparaisons » périodiques des étalons nationaux avec les Prototypes internationaux et avec » leurs témoins, ainsi que celles des thermomètres étalons ». Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance de cette disposition, dont l'objet est d'assurer l'invariabilité, dans chaque pays, du système de mesures basé sur ses étalons nationaux, et, par suite, la conservation de l'uniformité des mesures métriques dans le monde entier. La deuxième Conférence générale, en 1895, avait décidé,

d'après l'avis résultant des délibérations du Comité international, de commencer ces vérifications par les Kilogrammes, qui sont plus exposés à subir des altérations, par la nature même des opérations que comporte leur emploi, et de fixer à l'année 1899 le début de ces vérifications.

» J'ai rendu compte, dans un Rapport présenté à la Conférence générale de 1901, du commencement d'exécution qu'avaient reçu à cette époque les décisions que je viens de rappeler. Huit Kilogrammes avaient été envoyés au Bureau international par sept Etats différents, et soumis à des comparaisons très soignées, mais dont cependant les résultats ne nous permettaient pas de formuler des conclusions parfaitement assurées. D'une part, en effet, ces étalons, reçus pour la plupart à différentes époques, n'avaient pu être tous compris dans un même travail d'ensemble, constituant une grande série fermée, et comportant des contrôles sensiblement de même valeur que ceux des déterminations faites avant la distribution de 1889; d'autre part, et surtout, une base sûre manquait encore pour établir les équations définitives des pièces étudiées, parce qu'il n'était entré dans ces comparaisons ni le Prototype lui-même, ni l'un de ses témoins, ni même un Kilogramme ayant été conservé depuis l'origine dans des conditions telles qu'elles parussent présenter des garanties suffisantes de son invariabilité probable. Les deux étalons principaux du Bureau, portant les numéros 9 et 31, qui devaient servir à contrôler les autres, étaient précisément parmi ceux qui avaient été le plus employés, par conséquent le plus exposés; les équations relatives, fournies par les expériences et soigneusement discutées, avaient semblé indiquer, pour quelques-uns et notamment pour l'un d'eux, un changement de masse, très petit, mais pourtant appréciable. Les résultats furent donc donnés comme provisoires et devant être complétés et définitivement établis par un nouveau travail, dont le programme général fut formulé dans un vœu émis par la Conférence, et dont l'objet devait être principalement de fixer à nouveau, avec le plus haut degré de précision possible, les valeurs des Kilogrammes prototypes du Bureau international.

» Ce programme a été rempli depuis, dans des conditions tout à fait satisfaisantes. Dans l'intervalle, nos deux principales balances, savoir la balance Rueprecht n° 1, et la balance Bunge, qui avaient subi, d'une façon sensible, les atteintes inévitables du temps et de l'usure, après vingt ans de service à peu près continu, et qui avaient aussi un peu souffert de l'humidité, ont été entièrement remises à neuf, l'une et l'autre, par leurs constructeurs respectifs, et pourvues de tous les perfectionnements de la construction la plus moderne.

» C'est principalement la première de ces deux balances, dont l'emploi est un peu plus commode et rapide, qui a servi pour la nouvelle série de pesées; la seconde n'a été employée qu'exceptionnellement. Dans cette série, ont été compris les Kilogrammes suivants :

» 1° Les quatre Kilogrammes de premier ordre, en platine iridié, du Bureau international, dont deux nous sont échus par le sort lors de la distribution de 1889, et avaient été déjà compris dans la série de comparaisons dont j'ai parlé précédemment; les deux autres, l'un en forme de cylindre, l'autre en forme de sphère tronquée, construits par la maison Oertling, de Londres, ont été acquis par le Bureau dès son origine;

» 2° Quatre Kilogrammes, encore disponibles, et conservés en réserve au Bureau, depuis l'époque des déterminations fondamentales, sans jamais avoir été employés à aucune opération, ni même retirés de leurs supports, sous les doubles cloches de verre qui les préservent de tout contact et de toute détérioration;

» 3° L'un des témoins du Prototype international, retiré dans ce but du Dépôt des Prototypes, et confié, pour ces études, à nos soins par le Comité;

» 4° Enfin deux Prototypes nationaux, celui de l'Allemagne et celui du Mexique, envoyés à cette époque au Bureau pour vérification.

» Ces onze Kilogrammes ont été comparés entre eux, dans toutes les combinaisons réalisables, avec les précautions et les soins nécessaires pour assurer le plus haut degré d'exactitude possible.

» Les résultats de ce travail, qui m'a occupé plusieurs mois, et qui seront donnés avec plus de détail dans un Rapport spécial, peuvent se résumer de la manière suivante.

» Les équations relatives entre les Kilogrammes nos 1 (témoin); 9 (Bureau); 29, 32, 41 (disponibles); 21 (Mexique) se sont retrouvées, à quelques millièmes de milligramme près, identiques à celles d'autrefois. Si l'on attribue à ces Prototypes leurs anciennes valeurs, leurs comparaisons avec les cinq autres ont fourni, pour chacun de ces derniers, des valeurs très sensiblement concordantes entre elles. On peut en conclure, avec une sécurité presque complète, que ces six Kilogrammes n'ont subi aucune altération appréciable depuis les opérations antérieures à la première Conférence générale. En admettant ce point de départ, les résultats des comparaisons ont conduit, au contraire, pour les autres Kilogrammes, à des valeurs qui présenteraient, par rapport aux anciennes, des écarts qui dépassent, d'une façon à peu près certaine, les erreurs des observations.

» En ne considérant ici que ceux dont les équations ont été sanctionnées par la première Conférence générale, en 1889, la conclusion de cette étude est donc que, pour les six premiers Prototypes indiqués, ces équations sont encore valables, et qu'il n'y a par suite lieu de rien changer dans les certificats qui ont accompagné les étalons à cette époque.

» Par contre, l'équation du Kilogramme n° 31, appartenant au Bureau international, qui était par rapport au Prototype fondamental égale à $+ 0^{\text{mg}},162$,

est trouvée aujourd'hui égale à $+ 0^{\text{mg}},137$, accusant ainsi une diminution de masse de $0^{\text{mg}},025$; l'équation du Kilogramme n° 22, appartenant à l'Allemagne, qui était $+ 0^{\text{mg}},053$, est trouvée aujourd'hui égale à $+ 0^{\text{mg}},002$, accusant de même une diminution de $0^{\text{mg}},051$.

» Il n'y a pas lieu, pour le dire en passant, d'être surpris des différences ainsi constatées sur quelques étalons, après un intervalle de près de 20 années. Les Kilogrammes et, en général, les étalons de masse, sont forcément soumis, dans leur emploi, aux contacts répétés des supports sur lesquels on les pose, des plateaux des balances, des pinces avec lesquels on les manie. Quels que soient les soins et l'habileté des observateurs, les manipulations nécessaires exposent inévitablement les étalons à être, à la longue, plus ou moins dépolis, rayés, usés; et, lorsqu'on considère les quantités de matière prodigieusement petites auxquelles correspondent des variations de l'ordre de celles que les expériences précédentes ont fait reconnaître, on est plutôt étonné que ces pièces puissent se conserver avec un tel degré de constance. En effet, un centième de milligramme représente, en platine, un fragment qui aurait un millimètre carré de surface, et moins d'un demi-micron d'épaisseur. Si l'on suppose que les frottements du kilogramme sur ses supports, lors des mises en place sur la balance, des transpositions, des manipulations diverses obligées par les pesées, aient usé sa base inférieure et lui aient enlevé une couche pesant $0^{\text{mg}},05$, ce qui a été le changement maximum constaté, un calcul simple montre que cette couche aurait une épaisseur de $0^{\mu},0019$, moins de un demi-centième de longueur d'onde, quantité que les phénomènes d'interférence les plus délicats seraient impuissants à déceler.

» Des résultats ci-dessus donnés, il résulte donc que les équations des Kilogrammes 31 et 22, qui sont contenues dans les certificats accompagnant ces étalons, et qui ont été sanctionnées en 1889, ne répondent plus à leur état actuel, et doivent être modifiées. Une proposition sera, à cet égard, portée par le Comité international devant la Conférence.

» Un autre résultat de la série d'opérations dont je viens de parler est qu'un autre Kilogramme, le n° 7, a présenté, par rapport à sa valeur primitive, une variation de sens inverse, c'est-à-dire une augmentation, très petite il est vrai ($0^{\text{mg}},026$), mais cependant nettement supérieure aux erreurs d'expérience. Un examen très minutieux de cet étalon n'a permis d'apercevoir sur sa surface aucune marque, tache ou dépôt, pouvant rendre compte de ce fait, qui semble ne pouvoir s'expliquer que par une lente absorption de gaz par la matière du Kilogramme. Je rappelle que des résultats semblables furent constatés, à l'origine, sur quelques-uns des cylindres qui devaient former les Prototypes, et qui durent être refondus. Quoi qu'il en soit, comme la variation trouvée est extrêmement petite, et comme il s'agit d'un Kilogramme non encore attribué

et resté jusqu'à présent disponible, en dépôt au Bureau international, nous proposons de laisser les choses en l'état, en ce qui le concerne, jusqu'à ce que le fait ait été confirmé par les nouvelles séries de comparaisons dans lesquelles nous le comprendrons.

» En ce qui concerne les huit Prototypes qui ont fait partie de la première série, vérifiée antérieurement à la dernière Conférence, la fixation de valeurs définitives pour les Prototypes du Bureau a permis d'établir aussi leurs nouvelles équations, mais avec un peu moins de sûreté que celles du dernier groupe, ainsi que je l'ai expliqué plus haut. Parmi eux, un seul paraît avoir subi, depuis l'origine, une légère diminution (de $0^{\text{mg}},027$); c'est le Kilogramme n° 28, appartenant à la Belgique. Toutefois, comme cet écart dépasse sans aucun doute de très peu les incertitudes des observations qui l'ont fourni, et qui datent déjà de huit ans environ, nous proposons de surseoir pour le moment à toute modification du certificat relatif à cet étalon sanctionné par la première Conférence, et d'attendre, pour lui comme pour le précédent, les nouvelles vérifications qu'il est désirable de faire pour répondre aux dispositions édictées par la Convention du Mètre elle-même, et à propos desquelles une proposition sera soumise à la Conférence par le Bureau international.

» Il est à remarquer, en effet, que, sur 28 Kilogrammes qui ont été distribués aux États contractants, par la première Conférence, 9 seulement ont été, à la suite de l'invitation adressée par le Comité aux Gouvernements, renvoyés jusqu'à présent au Bureau pour la vérification périodique prévue. Plusieurs Gouvernements, ou leurs Services intéressés, redoutent peut-être, pour ces pièces de haute valeur, les chances d'accidents que peuvent leur faire courir des transports à grande distance. Nous sommes convaincus cependant que, si les emballages ont été soigneusement faits, ces transports sont possibles sans aucun danger (et l'exemple du Kilogramme du Mexique, qui, après un double voyage entre l'ancien et le nouveau continent, a été retrouvé identique, en paraît une preuve convaincante), à la condition que les envois soient soustraits, d'une façon certaine et absolue, aux investigations des agents des douanes. Sans doute, il sera toujours plus sûr qu'une personne qualifiée se charge d'accompagner ces étalons, de les remettre entre nos mains et de les reprendre; mais, si des difficultés matérielles y mettent obstacle, il semble qu'il serait possible de faire appel, ainsi que cela a été déjà fait dans plusieurs occasions, pour obtenir le maximum de garanties, à l'obligeant intermédiaire des Ambassades et Légations à Paris des États contractants.

» A la suite des diverses déterminations dont je viens de rendre compte, le Comité international a décidé, afin d'augmenter la sécurité du contrôle offert par les témoins du Prototype international, de doubler le nombre de ces témoins, en ajoutant à ceux qui existaient déjà deux des quatre Kilogrammes

faisant partie de la série disponible, et dont les déterminations ont prouvé la parfaite invariabilité depuis l'origine. Ces Kilogrammes portent les n^{os} 32 et 41. Les négociations avec le Conservatoire des Arts et Métiers, dont ils étaient la propriété, ayant abouti, leur prix a été remboursé au Gouvernement français, et ces deux étalons ont pris place, à côté des autres témoins, dans le Dépôt des Prototypes internationaux.

» En ce qui concerne les vérifications périodiques des Prototypes nationaux du Mètre, dont le commencement a été renvoyé par des décisions des Conférences antérieures jusqu'après l'achèvement des études pour ceux du Kilogramme, il n'a été fait en conséquence, jusqu'à présent, aucun travail d'ensemble. Par exception, l'un des étalons appartenant au Gouvernement des États-Unis, le n^o 27, a été apporté au Bureau en 1903, et comparé à nos Prototypes n^o 26 et Type III; je ne m'étendrai pas sur ces comparaisons, que nous considérons comme faites dans des conditions insuffisantes pour présenter un degré de garantie comparable, à beaucoup près, à celui des opérations antérieures à la Conférence de 1889. Quelques détails seront donnés dans un Rapport spécial. Je me borne à indiquer que l'équation qui en résulterait pour le Mètre 27 ne diffère de l'ancienne que de 0^μ,3, quantité qui ne nous paraît pas dépasser les incertitudes de ces déterminations.

» D'un autre côté, le Gouvernement allemand a demandé une nouvelle détermination de son Prototype n^o 18, à la suite d'un accident qui lui était arrivé et qui pouvait faire mettre en doute la conservation de son équation primitive. Ce Mètre a donc fait l'objet d'une nouvelle étude très soignée et aussi complète que le permettaient les circonstances, par comparaison, dans toutes les positions relatives possibles, avec nos deux Prototypes principaux, qui, en plus, ont été comparés entre eux, de la même manière, pour fermer la série.

» Les résultats de ces comparaisons ont donné, tous calculs faits et après réductions à zéro :

[18] ₀ — [T ₃] ₀ .		[18] ₀ — [26] ₀ .		[26] ₀ — [T ₃] ₀ .	
—3,34	—0,13	—2,50	+0,04	—0,69	+0,27
—3,33	—0,12	—2,47	+0,07	—0,99	—0,03
—2,80	+0,41	—2,83	—0,29	—0,57	+0,39
—3,56	—0,35	—2,70	—0,16	—1,17	—0,21
—3,33	—0,12	—2,36	+0,18	—1,14	—0,18
—3,36	—0,15	—2,41	+0,13	—1,02	—0,06
—3,05	+0,16	—2,61	—0,07	—1,14	—0,18
—2,91	+0,30	—2,48	+0,06	—0,96	0,00
<hr/>		<hr/>		<hr/>	
Moy. :	—3,21	Moy. :	—2,54	Moy. :	—0,96

» En combinant ces trois résultats à poids égaux, il en résulte :

$$\begin{array}{rcl} [18]_0 - [26]_0 & = -2,44 & - 0,10 & - 1,8 \\ [26]_0 - [T_3]_0 & = -0,87 & - 0,09 & - 0,7 \\ [T_3]_0 - [18]_0 & = +3,31 & + 0,10 & + 2,5 \end{array}$$

» A droite, sont inscrites les équations relatives qui résultaient des anciennes mesures.

» La différence entre l'ancienne et la nouvelle équation $[(26) - (T_3)]$, c'est-à-dire entre les deux Prototypes du Bureau international, est sans aucun doute dans la limite des erreurs d'observation. Mais il ne semble pas qu'il en soit de même pour les équations relatives à la Règle n° 18. Toutes les valeurs fournies par les 16 comparaisons correspondantes sortent des anciennes équations, sans aucune exception, et les résultats rapportés à $[26]$ aussi bien qu'à $[T_3]$ s'accordent pour indiquer un changement appréciable, dans le même sens, pour $[18]$.

» Ces mesures ont été faites en été, à des températures comprises entre 19° et 20° environ. La réduction à zéro porte donc sur un intervalle de température assez considérable. Mais, comme les coefficients de dilatation sont très voisins, elle est très faible; elle atteint au maximum 0^u, 15. De plus, il se trouve qu'elle est de signes contraires, et presque d'égale valeur, dans les comparaisons avec les deux Prototypes du Bureau; elle s'élimine donc à peu près entièrement et n'a qu'une influence insignifiante sur le résultat final.

» La conclusion, à laquelle il paraît difficile d'échapper, est donc que le Prototype n° 18 aurait subi une altération très petite, mais pourtant appréciable. Sa valeur, déduite des données précédentes, serait actuellement

$$1^m - 1^u, 72.$$

C'est-à-dire que sa longueur aurait diminué depuis les anciennes mesures de 0^u, 7 environ. Après une discussion très sérieuse de tout le travail, ce résultat nous paraît suffisamment assuré pour que nous croyions devoir présenter à la Conférence la proposition d'annuler l'ancien Certificat, sanctionné en 1889, en ce qui concerne l'équation de la Règle n° 18, et de sanctionner la nouvelle valeur indiquée, qui est assez bien garantie pour pouvoir être admise dans les applications de la plus haute précision, jusqu'à ce que cette Règle revienne au Bureau pour y être soumise, en même temps que d'autres, en nombre aussi considérable que possible, à un ensemble d'études permettant des contrôles encore plus étendus.

» Si, en dehors des deux cas exceptionnels dont je viens de rendre compte, il n'a pas été fait d'autres déterminations sur les Prototypes nationaux distribués

en 1889 ou postérieurement, en revanche, une quantité considérable d'études de diverses sortes ont donné au Bureau l'occasion, à plusieurs reprises, de vérifier ses propres Prototypes. Je me bornerai à dire ici que les comparaisons, faites à diverses époques et par des observateurs différents, ont conduit à des équations relatives identiques aux équations primitives, dans les limites, presque toujours, de quelques centièmes de micron, et ne présentant aucune marche systématique avec le temps. Elles nous permettraient déjà d'affirmer, avec une certitude presque absolue, la parfaite invariabilité, jusqu'à la date actuelle, de ces étalons, qui ont pourtant été exposés aux chances d'innombrables expériences. Nous aurons l'occasion d'y revenir à propos d'autres communications, et de voir ces conclusions confirmées encore par d'autres déterminations.

» Enfin, je n'ai que quelques mots à ajouter à propos des thermomètres étalons, distribués en même temps que les Prototypes de longueur et de masse. Quatre seulement de ces thermomètres nous ont été soumis pour vérification depuis la dernière Conférence, deux appartenant à la Grande-Bretagne et deux au Mexique. Les résultats des études dont ils ont été l'objet n'ont fait que confirmer les conclusions déjà tirées d'un très grand nombre d'observations et précédemment énoncées. Un seul nous a été remis avec une avarie, consistant dans une fêlure au col du réservoir, et produite sans aucun doute pendant son transport. Il a fallu lui adapter un nouveau réservoir, opération qui implique l'évacuation, puis un nouveau remplissage du thermomètre, et l'ébullition du mercure à son intérieur. A la suite de cette réparation, très habilement faite par le constructeur M. Baudin, il a été fait un nouveau calibrage et de nouvelles tables de corrections, différant d'ailleurs très légèrement des précédentes. En somme, il est aujourd'hui prouvé que la stabilité des corrections de calibre des thermomètres en verre dur peut être considérée comme pratiquement parfaite. La seule variation que subissent ces instruments, sous l'action du temps, consiste dans le lent déplacement du zéro, qui peut être déterminé aisément, à un moment quelconque, dans tout laboratoire. Dans ces conditions, il est permis de se demander s'il est vraiment nécessaire d'exposer ces fragiles instruments aux chances de transports, certainement plus dangereux pour eux que pour les Prototypes du Mètre ou du Kilogramme. »

M. FOERSTER, au nom du Comité international, qui a examiné avec soin les questions concernant l'équation des Kilogrammes 22 et 31 et celle du Mètre n° 18, demande à la Conférence d'adopter les deux projets de délibération suivants :

Déclaration relative aux équations des Kilogrammes n^{os} 22 et 31.

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

Considérant la décision, prise par la deuxième Conférence générale des Poids et Mesures, de faire procéder à la première vérification périodique des prototypes nationaux du Kilogramme;

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

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

La Conférence générale :

Déclare n'être plus conformes à la réalité les équations sanctionnées par la première Conférence générale pour les Kilogrammes prototypes n^{os} 22 et 31; elle annule en conséquence les Certificats y relatifs en ce qui concerne l'équation, et en prolonge la validité pour le reste;

Autorise le Comité international à faire, auxdits Certificats, une addition portant la valeur de la masse des Kilogrammes n^{os} 22 et 31, telle qu'elle résulte des nouvelles déterminations faites au Bureau international.

Déclaration relative à l'équation du Mètre n^o 18.

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

Entendu la déclaration apportée à la Conférence générale par M. le professeur W. Foerster, Délégué de l'Empire d'Allemagne, Président du Comité international des Poids et Mesures, affirmant que le Mètre prototype n^o 18, appartenant à l'Empire d'Allemagne, a subi un accident, qui a fait concevoir des doutes sur la conservation de sa longueur;

Entendu le Rapport du Directeur du Bureau international des Poids et Mesures relatif à une nouvelle détermination de l'équation de ce Mètre prototype en fonction des Étalons du Bureau international;

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

La Conférence générale :

Déclare n'être plus conforme à la réalité l'équation du Mètre n^o 18 sanctionnée par la première Conférence générale; elle annule en conséquence le Certificat y relatif en ce qui concerne l'équation, et en prolonge la validité pour le reste;

Autorise le Comité international à faire, audit Certificat, une addition portant la valeur de la longueur du Mètre n^o 18, telle qu'elle résulte des nouvelles déterminations faites au Bureau international.

M. le PRÉSIDENT met successivement aux voix ces deux propositions, qui sont adoptées, chacune, par 20 voix sur 20 votants.

M. FOERSTER, en sa qualité de Délégué de l'Allemagne, désire ajouter quelques remarques à propos de l'acte qui vient d'être accompli par la Conférence. C'est, en effet, la première fois que l'organisation internationale sanctionne une nouvelle équation pour des prototypes nationaux. C'est là un exemple pratique, donné par un grand État, de la dépendance dans laquelle les bases de son Service des Poids et Mesures se trouvent, vis-à-vis des décisions prises par une communauté, qui a pour mission de veiller sur la permanence de l'unité internationale. Il va sans dire que le Service des Poids et Mesures d'Allemagne tiendra compte de ce sanctionnement des nouvelles équations concernant le Mètre et le Kilogramme allemands.

M. FOERSTER ajoute que les changements dont la Conférence a eu à se préoccuper ont été la conséquence, d'une part, d'un assez fréquent usage du Kilogramme; d'autre part, pour le Mètre, d'un de ces accidents contre lesquels on ne peut jamais être complètement garanti.

M. FOERSTER, reprenant la parole au nom du Comité, mentionne que, celui-ci s'étant préoccupé de la question des comparaisons ultérieures des prototypes, présente à la Conférence les propositions suivantes :

1° La première période de la comparaison des Kilogrammes prototypes sera terminée dans l'automne de 1910.

2° La seconde période de ces comparaisons des Kilogrammes commencera 10 ans après, par conséquent dans l'automne de 1920.

3° La première période des comparaisons des Mètres prototypes commencera 25 ans après le premier sanctionnement de leurs équations, par conséquent dans l'automne de 1914.

Ces propositions, mises aux voix, sont adoptées par 20 voix sur 20 votants.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Benoît pour faire connaître les résultats de la nouvelle détermination fondamentale concernant la comparaison du Mètre aux longueurs d'ondes lumineuses.

M. BENOÎT s'exprime dans les termes suivants :

« Depuis que les Gouvernements des pays civilisés se sont proposé d'apporter l'ordre, la régularité et la constance dans le chaos de leurs anciennes mesures, les hommes de science auxquels ils ont confié cette tâche ont été constamment préoccupés de l'idée de chercher, dans la nature, un terme de comparaison propre à fournir un criterium de l'invariabilité avec le temps des prototypes matériels,

représentant et définissant les unités fondamentales de leurs systèmes. Ce fut l'une des raisons, en particulier, qui conduisirent les créateurs du Système métrique à proposer de dériver le Mètre de la longueur du quadrant terrestre. En prenant ainsi pour point de départ les dimensions même de notre globe, ils pensaient avoir fixé leur unité, à tout jamais, d'une manière immuable, et donné le moyen de la retrouver identique, à un moment quelconque, dans le cas où son étalon viendrait à être perdu ou altéré. L'avenir devait montrer que cette conception était chimérique. La connaissance du rapport entre le Mètre et le quart du méridien ressort des opérations de la haute Géodésie, opérations qui, par leur immense étendue, par leur complexité, par les conditions dans lesquelles elles s'effectuent, comportent des causes d'incertitudes ou d'erreurs considérablement supérieures à celles qui affectent les opérations, beaucoup plus simples, de la Métrologie. Il en résulte que si, supposant aujourd'hui l'unité métrique perdue, nous voulions la rétablir par le méridien, c'est-à-dire en fait par les données géodésiques que nous possédons actuellement, nous ne pourrions garantir, dans la reproduction que nous ferions, qu'une exactitude tout à fait insuffisante pour les besoins de la science, et au-dessous même de celle qui est actuellement demandée pour certaines applications techniques et industrielles.

» Est-il bien assuré d'ailleurs que les dimensions de la Terre sont immuables ; qu'elle est, comme on le pensait à la fin du xviii^e siècle, un corps de révolution parfait ayant tous ses méridiens égaux ? La Géodésie travaille tous les jours à apporter la lumière dans ces questions encore discutées, auxquelles elle tend pourtant à donner une réponse négative.

» Dans d'autres pays, en Angleterre, en Danemark, on a cherché le criterium d'un autre côté ; on a voulu le demander au pendule. En Angleterre, la première loi qui, en 1824, sanctionna officiellement des étalons du système de mesures britanniques, stipulait en même temps que l'étalon du Yard, en cas de perte ou d'altération, serait rétabli par le rapport de sa longueur avec la longueur du pendule battant la seconde. L'occasion ne devait guère tarder de mettre à l'épreuve cette disposition législative. Dix ans plus tard, cet étalon était détruit dans l'incendie qui dévora en 1834 le palais du Parlement. Or la Commission de savants éminents qui fut chargée par le Gouvernement anglais de reconstituer les étalons, après avoir soigneusement examiné la question, rejeta formellement, en dépit de la loi, comme insuffisant et incertain, le procédé que celle-ci avait prétendu imposer. Actuellement encore, malgré les perfectionnements et les progrès considérables réalisés depuis lors, on peut dire que le pendule ne nous fournirait pas un moyen de contrôle plus digne de confiance que celui que l'on demanderait au méridien.

» Ainsi, il n'y a pas bien longtemps encore, on eût pu croire qu'il fallait

renoncer à cette idée, de trouver dans la nature un terme de comparaison à la fois constant et accessible, et qu'on en était réduit, pour garantir autant que possible la permanence d'un système de mesures, tout d'abord à prendre les précautions les plus minutieuses pour préserver son Prototype contre toute cause d'altération; et ensuite à entourer celui-ci de témoins, c'est-à-dire d'autres étalons soigneusement conservés comme lui, et dont les relations avec lui, par leur constance périodiquement constatée, dans le cours des temps, fourniraient une vérification, sinon absolument certaine, au moins extrêmement probable de l'invariabilité des uns et des autres.

» Cependant la découverte des phénomènes d'interférence et leur explication par la théorie ondulatoire de la lumière permettaient d'entrevoir la solution du problème dans une nouvelle voie. Un rayon de lumière, dit Fizeau, qui appliqua le premier ces phénomènes à des déterminations métrologiques, avec ses séries d'ondulations d'une ténuité extrême, mais parfaitement régulières, peut être considéré comme un micromètre naturel de la plus grande perfection, particulièrement propre à déterminer des longueurs extrêmement petites. Une longueur d'onde lumineuse, en effet, nous apparaît comme la quantité la plus constante qu'il soit possible de concevoir, à la condition qu'elle appartienne à une radiation parfaitement définie, et que, dans l'application, nous soyons assurés de reproduire cette radiation toujours dans les mêmes conditions, et que sa propagation s'effectue dans un milieu toujours identique.

» Les mesures des longueurs d'ondes de diverses radiations faites par diverses méthodes, en particulier par celle des réseaux, fournissaient déjà des relations entre ces quantités et l'unité métrique. Mais ces relations étaient établies avec une approximation encore beaucoup trop grossière pour être de quelque utilité au point de vue de la question dont il s'agit. Ce n'est qu'après les études du physicien américain Michelson sur un grand nombre de sources lumineuses, et l'invention par lui de méthodes interférentielles nouvelles, que le problème put être abordé avec quelques chances de succès. Je me borne à rappeler le travail qui fut exécuté ici même, en 1892-1893, par M. Michelson, avec notre collaboration, travail dont les résultats furent communiqués à la deuxième Conférence générale, en 1895. A cette époque, nous fîmes ensemble trois déterminations indépendantes du rapport entre le Mètre et la longueur d'onde de la radiation rouge du spectre du cadmium, choisie comme étant, parmi toutes les radiations connues, celle qui pouvait fournir le terme de comparaison le mieux défini et le plus précis; elles conduisirent à trois valeurs de ce rapport, dont l'écart maximum correspondait à $1^{\mu},04$ sur 1^m , et dont la moyenne pouvait être considérée comme probablement exacte à $0^{\mu},5$ ou $0^{\mu},6$ près. Mais l'exécution même de ces mesures avait montré, comme il arrive toujours, les points sur lesquels il était possible de faire porter des perfectionnements; et, en présentant leurs résultat

à la Conférence, nous lui annonçons déjà l'intention de recommencer le travail dans des conditions améliorées, afin de tâcher d'arriver à une exactitude encore plus grande.

» Cependant, depuis lors, deux physiciens français, MM. Perot et Fabry, ont fait une série d'études très suivies sur une nouvelle classe de phénomènes d'interférence, qu'ils ont appelés *les interférences des lames argentées*. Après avoir essayé diverses applications, ils ont pensé que ces phénomènes pouvaient fournir une nouvelle méthode, plus précise encore que la précédente, applicable au même problème. Un projet, vaguement ébauché dès 1900 entre MM. Perot, Fabry et moi, fut, lors de la session de 1901, l'objet d'une proposition au Comité international, qui l'accueillit favorablement, et décida de prendre le travail sous son patronage, d'y apporter sa plus entière collaboration et de se charger des frais nécessaires pour l'exécuter, comme il avait déjà fait pour la détermination précédente.

» Dans notre plan primitif, ce travail devait être exécuté, comme celui de M. Michelson, au Bureau même. Plus tard cependant, en examinant les conditions de l'installation, des considérations de commodité de local nous engagèrent à le transporter au Conservatoire des Arts et Métiers. Il devait nous être, en effet, sinon absolument indispensable, au moins commode et favorable aux expériences, de développer nos appareils sur une longueur d'une dizaine ou douzaine de mètres en ligne droite, ce qu'aucune des salles de notre laboratoire ne nous eût permis de faire. Nous avons pu avoir à notre disposition, dans les locaux du Laboratoire d'essais du Conservatoire, une grande salle, dans de bonnes conditions de constance et d'uniformité de température; nous y avons trouvé d'ailleurs, avec les anciens comparateurs de la Section française de la Commission internationale du Mètre, transformés et perfectionnés à cette occasion, les éléments nécessaires pour les opérations métrologiques qui devaient accompagner les mesures interférentielles. Le seul inconvénient que nous avons trouvé à ce déplacement a consisté dans les trépidations du sol parisien, qui nous ont quelquefois beaucoup gênés et ont rendu notre travail un peu plus difficile, sans nuire cependant à son résultat final, comme je vais le montrer dans un instant.

» Le projet, une fois mûri et étudié dans ses détails, et les appareils nécessaires construits, nous avons pu, après quelques séries d'expériences préliminaires, procéder enfin à l'exécution définitive dans les derniers mois de l'année dernière.

» Il ne peut être question de décrire ici en détail les méthodes que nous avons mises en œuvre et dont l'exposé, forcément très long, entraînerait loin du cadre de ce Rapport. Je me bornerai à en donner une esquisse sommaire, en renvoyant, pour un exposé plus complet, à un Mémoire dont la rédaction est

à peu près terminée, qui est déjà partiellement en épreuves, et qui paraîtra dans le Volume XV des *Travaux et Mémoires du Bureau international*.

» L'opération fondamentale de la détermination qui nous occupe consiste à comparer entre elles deux longueurs, toutes deux sensiblement égales à 1 mètre, et dont l'une est définie par une règle à traits, tandis que l'autre est constituée par un étalon interférentiel, composé de deux glaces très parfaites, montées, en face l'une de l'autre, sur une barre de métal, et dont les surfaces en regard sont demi-argentées. La tranche supérieure de ces glaces porte, parallèlement à leurs surfaces internes, très près de celles-ci, des traits dont la distance est comparée à la longueur définie par le mètre à traits. D'autre part, une détermination interférentielle donne, en demi-longueurs d'ondes, la distance des surfaces argentées des deux glaces.

» Pour obtenir la différence réelle des longueurs desquelles sera déduit le rapport cherché, on devra, dans une autre opération, déterminer la distance des surfaces argentées aux traits marqués sur les glaces.

» Dans ce but, après avoir transporté ces dernières sur un autre support, de 1^{cm} d'épaisseur, on effectue une détermination semblable à la précédente, en comparant la distance des traits successivement à deux intervalles, de valeurs sensiblement égales, tracés l'un à la suite de l'autre sur une réglette spéciale. On répète ensuite la même opération, après avoir transporté ces mêmes glaces sur un support de longueur double, et faisant la comparaison avec la somme des deux intervalles précédents. La combinaison des trois équations fournies par ces trois comparaisons permet d'éliminer les intervalles de la réglette, et d'exprimer finalement l'inconnue cherchée en fonction des distances des surfaces argentées, qui ont été déterminées dans les deux cas en longueurs d'ondes par des franges d'interférence, et de très petits appoints mesurés par des microscopes à micromètre.

» Comme il est impossible de mesurer directement, par des phénomènes d'interférence, la distance optique des deux glaces montées sur leur support à 1^m de distance, on fractionne cette distance, en la partageant successivement par moitiés, au moyen d'une série d'étalons interférentiels de longueurs décroissantes, jusqu'à $\frac{1}{16}$ de mètre, c'est-à-dire jusqu'à 6^{cm}, 25. Cette dernière longueur est, de toutes celles que l'on obtient en divisant par 2 les fractions successives du Mètre, la première que l'on puisse mesurer à l'aide de phénomènes interférentiels d'une suffisante netteté. L'emploi de radiations de trois longueurs d'ondes différentes permet, comme dans la méthode de M. Michelson, de déterminer le nombre entier de franges, c'est-à-dire de demi-longueurs d'ondes. Ce premier étalon étant déterminé, on le compare à celui de longueur double, et l'on remonte ainsi successivement jusqu'au mètre.

» La comparaison est effectuée en lumière blanche. Les étalons étant placés

dans le prolongement l'un de l'autre, on les fait traverser par le même faisceau qui, après $2n$ et $4n$ réflexions respectivement sur les faces demi-argentées des glaces du plus grand et du plus petit étalon, est séparé en deux portions, lesquelles, ayant parcouru, la première n fois aller et retour le grand étalon, l'autre $2n$ fois le plus petit, se trouvent avoir pris à peu près la même différence de marche, et sont, par conséquent, très près des conditions où elles peuvent interférer.

» Pour amener ces deux faisceaux à l'interférence et obtenir la frange blanche dans le champ, on interpose, sur le trajet du faisceau émergent, un compensateur, composé de deux lames de verre formant entre elles un très petit angle, et que l'on déplace transversalement jusqu'à ce que l'interférence soit obtenue. Connaissant, grâce à une étude préalable, la distance des glaces du compensateur en chaque région, on sait exactement quelle est la quantité ajoutée au trajet de l'un des faisceaux.

» On a eu soin, d'ailleurs, d'ajuster les étalons les uns par rapport aux autres avec un écart suffisant pour qu'une étude préliminaire indique avec sécurité le sens de l'excès, et permette soit d'ajouter, soit de retrancher la correction trouvée à la valeur donnant le plus faible parcours.

» Je passerai maintenant à l'indication des résultats obtenus et à des conclusions générales qui en découlent.

» Ces résultats peuvent s'exprimer, à volonté, par deux nombres correspondants : l'un est le nombre de longueurs d'ondes de la raie rouge du cadmium, dans les conditions arbitraires que nous avons considérées comme normales (c'est-à-dire dans l'air sec, à 15° et sous 760^{mm} de pression), qui sont contenues dans la longueur du Mètre prototype à 0° ; le second, inverse du précédent, est la valeur de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium en fonction du Mètre.

» Nos séries d'expériences ont été divisées en sept groupes, correspondant chacun à des réglages différents de nos étalons interférentiels. Voici les résultats obtenus :

1.....	1 mètre = 1553 163,35 λ_R	$\lambda_R = 0,643\ 847\ 28$
2.....	1553 163,75	0,643 847 12
3.....	1553 164,12	0,643 846 96
4.....	1553 164,16	0,643 846 95
5.....	1553 164,22	0,643 846 92
6.....	1553 164,30	0,643 846 89
7.....	1553 164,02	0,643 847 00
Moy..	1 mètre = 1553 163,99 λ_R	$\lambda_R = 0,643\ 847\ 02$

» L'écart maximum entre les valeurs extrêmes correspondrait à une différence de $0^{\mu},6$ pour 1^{m} ; mais cet écart est dû à une série unique, la première,

qui seule a conduit à un nombre dont l'écart paraît dépasser les incertitudes des observations faites avec des appareils parfaitement réglés. Cependant, en faisant la critique des conditions de nos sept séries d'expériences, *a priori*, et sans nous préoccuper de leurs résultats individuels, nous avons été amenés (pour diverses raisons sur lesquelles je ne puis m'étendre ici) à considérer comme ayant une valeur inférieure les séries 1, 2 et 6. Si on les supprimait du calcul des moyennes, en ne gardant que les séries que nous regardons comme faites dans des conditions aussi irréprochables que possible, ces moyennes deviendraient :

$$1 \text{ mètre} = 1\,553\,164,13 \lambda_R, \quad \lambda_R = 0^{\mu},643\,846\,96.$$

» La différence entre ces moyennes et les précédentes correspondrait à $0^{\mu},09$ sur le mètre. Bien que ces dernières nous paraissent être probablement un peu plus exactes, l'écart est tellement faible qu'il touche, sans aucun doute, aux limites des quantités qu'il est impossible de garantir. Il semble, en tout cas, que la précision du dix-millionième est presque assurée. C'est très sensiblement aussi la limite de la précision avec laquelle le Mètre prototype peut être mesuré, dans un comparateur, par les meilleures observations; c'est aussi, par conséquent, à peu près celle avec laquelle l'unité fondamentale des longueurs est aujourd'hui définie.

» Il est intéressant de comparer ces résultats à ceux du travail de 1892-1893. Les nombres moyens, trouvés à cette époque, furent :

$$1 \text{ mètre} = 1\,553\,163,5 \lambda_R, \quad \lambda_R = 0^{\mu},643\,847\,22.$$

Leur écart, par rapport à ceux de notre détermination actuelle, correspondrait au quotient de $0,63$ par le nombre de longueurs d'ondes contenues dans le mètre, c'est-à-dire à $0^{\mu},42$ sur 1^m . Mais, pour les ramener à des conditions rigoureusement semblables à celles pour lesquelles nous avons calculé cette dernière, il y aurait lieu de leur faire subir une petite correction, dont l'effet est de les rapprocher encore et de conduire à une identité presque complète.

» Une concordance aussi parfaite est, sans aucun doute, due partiellement à des hasards favorables, à ces heureuses compensations d'erreurs qui se produisent assez fréquemment dans des travaux où l'on voit un grand nombre d'éléments venir se confondre dans un résultat final. Elle prouve cependant que, en tout cas, les incertitudes des observations, de part et d'autre, étaient très petites, et que les deux méthodes employées ne comportaient, ni l'une ni l'autre, de cause d'erreur grave inaperçue.

» En résumé, on peut dire que les résultats des deux études faites, à quatorze ans de distance, par des méthodes entièrement différentes, sont à peu

près identiques; mais le travail récent, en confirmant la valeur moyenne du précédent, a fixé les dernières décimales avec une précision notablement supérieure, ainsi qu'on l'avait espéré. Cette supériorité est due à deux causes : d'abord, au point de vue de la méthode, à la rapidité de celle imaginée par MM. Perot et Fabry, qui permet de parcourir, en cinq mesures successives exigeant en tout une dizaine de minutes, tout l'intervalle compris entre la longueur d'onde et le Mètre; et, au point de vue de l'application, à l'emploi du métal *invar*, dans lequel ont été faits nos étalons interférentiels et notre règle de comparaison, et qui nous a libérés à peu près entièrement des erreurs dues à la température.

» Ces rapides indications comportent encore une conclusion importante, qu'il convient de faire ressortir. Les résultats obtenus, dans le nouveau comme dans l'ancien travail, ont eu, dans chaque cas, comme point de départ, pour relier la longueur d'onde au Mètre, une règle étalon, dont la valeur a été établie par des comparaisons avec les Prototypes principaux, en platine iridié, à section en X, appartenant au Bureau international. La concordance presque absolue de ces résultats constitue, si l'on admet l'identité des sources lumineuses employées dans les deux cas, une vérification indiscutable de la constance parfaite de ces prototypes dans la période correspondante. Cette invariabilité, déjà rendue presque assurée par la constance de leurs équations relatives, vérifiée à diverses reprises pendant cet intervalle, et encore une fois à l'occasion du dernier travail, peut inspirer, *a fortiori*, confiance dans celle du Prototype international. Celui-ci, en effet, est conservé dans des conditions présentant, à cet égard, des garanties très supérieures à celles où se sont trouvées des règles presque constamment en expérience, ayant servi à d'innombrables comparaisons, fréquemment maniées, exposées à de légers chocs, aux trépidations des comparateurs, et à des variations plus ou moins brusques et étendues de la température. »

M. le PRÉSIDENT exprime le haut intérêt qu'il a éprouvé à entendre l'exposé que vient de faire M. le Directeur du Bureau international des travaux si remarquables exécutés en collaboration avec MM. Fabry et Perot.

Aucun Délégué ne demandant à présenter des observations au sujet de ce Rapport, M. BECQUEREL donne la parole à M. Foerster pour une proposition.

M. FOERSTER fait observer que les mesures dont M. Benoît vient d'entretenir MM. les Délégués sont de l'ordre le plus élevé et le plus exact dans le domaine de la haute Métrologie. Elles ouvrent, en outre, un nouveau champ de recherches pour fournir au Mètre prototype un témoin précis d'ordre naturel.

Le Comité a examiné très attentivement cette importante question et a pris à ce sujet une délibération qui est insérée dans les Procès-Verbaux de sa session actuelle. Il y a donc lieu, pour la Conférence, de se prononcer aussi à cet égard.

M. FOERSTER est d'avis qu'une formule plus condensée que celle votée par le Comité pourrait être suffisante de la part de la Conférence. Il propose un texte conçu dans cet esprit.

M. GILL préférerait qu'on présentât au vote de la Conférence le texte même de la résolution prise par le Comité, résolution qui a été étudiée avec beaucoup de soin.

M. FOERSTER répond qu'il ne voit pas de difficultés à ce que cette résolution soit textuellement soumise à la Conférence; il demande donc la permission de l'apporter à la prochaine séance.

M. MASCART partage entièrement l'opinion de M. Gill, à laquelle vient de se rallier M. Foerster, et il appuie le renvoi pour le vote à la prochaine séance.

Cette proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Guillaume pour une Communication relative à la détermination du volume du Kilogramme d'eau.

M. GUILLAUME fait l'exposé suivant :

« Un volume donné peut être évalué par deux procédés totalement différents.

» Le premier n'est autre que la réalisation pratique des relations nécessaires entre les longueurs et les volumes; on peut l'appeler le procédé *géométrique*; il est théoriquement irréprochable, mais rencontre le plus souvent de grandes difficultés d'exécution dès qu'on recherche quelque précision dans le résultat.

» Le second arrive à l'expression du volume par un détour, consistant à adopter d'abord une unité de masse spécifique représentée par la masse spécifique d'un corps matériel convenablement choisi, puis à définir l'unité servant dans les jaugeages comme étant le volume de l'unité de masse de ce corps.

» Plus compliqué en théorie que le premier, ce procédé *physique* permet, en revanche, d'atteindre beaucoup plus facilement une précision élevée; c'est pourquoi il a seul prévalu dans les métrologies anciennes, où l'unité de volume était le volume de l'unité de masse d'eau, d'huile ou de mercure.

» Mais les métrologies modernes ont imposé aux unités de nouvelles conditions. Depuis longtemps, en effet, il est devenu insuffisant de rapporter les volumes à l'unité de masse d'un liquide arbitrairement choisi; il est nécessaire de connaître en outre leur valeur en fonction du cube de l'unité de longueur, et c'est ainsi qu'est né le problème expérimental consistant à déterminer la masse de l'unité de volume d'eau, ou le volume de l'unité de masse d'eau.

» Les résultats trouvés peuvent ensuite être utilisés de trois façons distinctes. La plus élémentaire consiste à ne rien modifier aux unités existantes, et à conserver le rapport tel que le donne l'expérience. Ce rapport est alors nécessairement exprimé par un nombre compliqué, puisque les unités sont sans aucune relation entre elles. La complication du nombre admis ne dépendra que de la précision des mesures, et l'on conservera autant de chiffres que celles-ci en fourniront de certains.

» Un deuxième procédé cherchera une simplification dans une petite modification des unités, qui, sans changer les habitudes du commerce, supprimera toutes les décimales supérieures du rapport.

» Le troisième enfin abandonnera les anciennes unités, et simplifiera le rapport autant que possible.

» Il semble que le développement des systèmes de poids et mesures devait faire apparaître, dans le cours du temps, ces trois étapes successives. C'est bien, en effet, dans cet ordre que les systèmes de mesures ont en général progressé. Mais la survivance des anciennes unités a produit aussi des inversions, et met en présence, aujourd'hui encore, des systèmes édifiés sur ces trois plans distincts.

» Le problème qui nous occupe apparaît pour la première fois dans la métrologie du Danemark, où nous voyons l'illustre Røemer établir, en 1698, la livre par la condition qu'elle devait être égale à $\frac{1}{62}$ de la masse du pied cube d'eau; et cette même condition servit, en 1824, à Hansteen à construire la livre norvégienne.

» La définition *a priori* de l'unité de masse constitue l'un des éléments les plus importants du Système métrique, qui réalise ainsi le degré le plus élevé de perfection que l'on puisse atteindre. Par la constitution même du Système, les évaluations effectuées par les deux méthodes conduisent aux mêmes nombres; le litre est à la fois une unité géométrique (décimètre cube) et une unité physique (volume du kilogramme d'eau). Telle est, du moins, la relation que voulurent matérialiser Lefèvre-Gineau et Fabbroni.

» Mais, si les autres systèmes conservèrent les anciennes unités, indépendantes les unes des autres, le progrès des transactions exigea que leurs rapports fussent établis par l'expérience. Déjà en 1798, Shuckburgh avait déter-

miné la masse, en grains du Système britannique, du pouce cube d'eau, et Kater, mesurant à nouveau, en 1821, les corps dont Shuckburgh s'était servi, donna une autre valeur de cette masse. Beaucoup plus tard, Chaney reprit la même question et exécuta des expériences qui fournirent, en 1893, une troisième valeur, devenue légale après une correction de Mendeleef, du nombre de grains contenus dans le pouce cube d'eau. Svanberg, Berzélius, Åkerman et Cronstrand en 1821, Stampfer en 1831, Kupffer en 1842, donnèrent des relations analogues, respectivement pour les mesures suédoises, autrichiennes et russes.

» Les nombres obtenus dans leurs unités primitives par les métrologistes dont je viens de citer les noms ne représentent rien à notre esprit. Mais il est instructif de les transformer en unités métriques, et de calculer la valeur, rapportée au Kilogramme, de la masse qu'ils conduisent à attribuer au décimètre cube d'eau à 4° et sous la pression normale. Ce calcul a été fait à diverses reprises, et a conduit à des nombres un peu différents, suivant les rapports admis entre les unités des divers systèmes et les unités métriques, suivant le mode de calcul adopté pour les éléments des expériences, et enfin suivant les Tables utilisées pour les variations de densité de l'eau en fonction de sa température.

» Je me bornerai à reproduire ici deux séries de nombres. La première est extraite d'une lettre adressée par W.-H. Miller à H. Tresca, le 14 août 1870 (1); elle est particulièrement importante parce que ce sont ces nombres en présence desquels se trouva, en 1872, la Commission du Mètre, lorsqu'elle eut à prendre une décision sur le maintien ou le changement de l'unité de masse du Système métrique. La seconde série est celle des résultats auxquels je suis arrivé après un examen nouveau de tous les éléments connus des expériences anciennes, en tenant compte des discussions auxquelles elles avaient été soumises par plusieurs métrologistes.

Auteurs.	Masse du décimètre cube d'eau, d'après :	
	Miller (1870).	Guillaume (1907).
Lefèvre-Gineau et Fabbroni		kg 0,999 970
Shuckburgh et Kater.....	kg	1,000 475
Svanberg, Berzélius, Åkerman et Cronstrand....	1,000 296	1,000 290
Stampfer.....	0,999 653	0,999 750
Kupffer.....	1,000 011	0,999 931
Chaney.....		0,999 850

» Miller ne fait pas entrer en ligne de compte les observations de Shuckburgh et Kater, estimant qu'elles n'ont pas été faites avec la recherche de précision exigée des travaux plus modernes. Prenant la moyenne des trois résultats qu'il

(1) Commission internationale du Mètre, Session de 1870 (*Procès-Verbaux*, p. 46).

conserve, il arrive à $0^{\text{dm}},999987$; il estime, de plus, les opérations de Lefèvre-Gineau très bien faites, bien que, suivant le récit de l'astronome danois Bugge, que cite Miller, « les observateurs aient été soumis aux plus grandes privations, dans le cœur d'un hiver très rigoureux ». Miller ne voit donc, à la suite de sa discussion, aucune raison pour modifier le Kilogramme, qu'il considère comme ayant été établi avec beaucoup d'exactitude.

» Toutefois, au sein de la Commission réunie le 25 septembre 1872, des divergences de vues se firent jour. Plusieurs des membres de la Commission estimaient nécessaire une nouvelle recherche, avant que l'on pût fixer définitivement la valeur du Kilogramme. L'opinion contraire prévalut. Voici en quels termes le procès-verbal de cette importante séance, rédigé par Hirsch et Tresca, rapporte les arguments présentés par le vénéré Président du Comité international en faveur d'une décision immédiate :

« M. Foerster estime que ce qu'il faut surtout éviter dans cette question, ce sont les délais; il est, selon lui, nécessaire de ne laisser planer aucune incertitude à cet égard. Que fera-t-on jusqu'à ce que cette incertitude soit résolue, et sur quelle base les nombreux intéressés dans cette question procéderont-ils pendant cet intervalle?

« Quelles que soient d'ailleurs les recherches nouvelles, dont il reconnaît et recommande toute l'importance, les sciences exactes exigeront toujours l'emploi d'une équation dont la parfaite exactitude ne sera obtenue, sans aucun doute, que par la mise en œuvre des moyens de précision les plus accomplis (1). »

» Chisholm, Wrede, Broch, Morin, Bosscha, Torrès el Caiceda, Govi se prononcèrent dans le même sens; et finalement, la proposition formulée dans les termes suivants par Mathieu (2) : « Le Kilogramme international doit être déduit directement du Kilogramme des Archives dans l'état où il se trouve (3) », fut votée à une forte majorité. On y ajouta ultérieurement la décision suivante, qui porte, dans l'ensemble des résolutions de la Commission, le numéro XXVII :

« La détermination du poids du décimètre cube d'eau doit être faite par les soins de la Commission internationale. »

» Ces décisions mirent fin à la crainte d'une situation que M. Foerster caractérisait déjà dans les termes suivants :

(1) Commission internationale du Mètre, Réunions générales de 1872. *Procès-Verbaux*, p. 16.

(2) *Ibid.*, p. 22.

(3) Cette décision a été portée, dans la liste définitive, sous la forme :

« XXII... Le Kilogramme international sera déduit du Kilogramme des Archives dans son état actuel. »

« Que feraient pendant ce délai les nations qui ont décidé en principe l'adoption du Système métrique ? Que pourraient faire les savants dans leurs recherches pendant cet interrègne, où l'ancien Kilogramme n'existerait plus, et où le nouveau n'existerait pas encore ? »

» L'interrègne dont parlait M. Foerster eût été long, en effet, puisque c'est aujourd'hui seulement que le Bureau international peut apporter, à la Conférence générale, une réponse précise à la question posée il y a 35 ans.

» Cette durée peut paraître considérable pour une recherche expérimentale même très difficile. Mais n'oublions pas que le Bureau international avait, dans son programme, bien d'autres tâches à accomplir. Il eut à créer tout son outillage et à satisfaire aux désirs les plus immédiats des Gouvernements, qui réclamaient tout d'abord les étalons fondamentaux permettant de réaliser l'unification mondiale du Système métrique. Puis, abordant le problème dont je voudrais exposer maintenant les détails, il fallut éliminer progressivement les procédés peu dignes de confiance, par des expériences longues et minutieuses ; créer des méthodes nouvelles et les mettre en œuvre ; parfaire l'éducation expérimentale des métrologistes auxquels ce travail a été dévolu ; enfin saisir le moment où le programme des travaux du Bureau leur permit, pendant un temps, de s'y consacrer presque tout entiers.

» Mais il est temps de caractériser l'utilité de cette recherche. Elle n'est plus, comme au temps de Lefèvre-Gineau, ou à l'époque des réunions de la Commission internationale, dans la création ou la modification de l'unité de masse. Le Mètre et le Kilogramme doivent rester tels qu'ils sont, même si leur rapport ne correspond pas rigoureusement à leur définition théorique. Il s'agit seulement de déterminer un nombre servant à passer, avec le plus haut degré de précision possible, des unités géométriques aux unités physiques et inversement.

» On peut se demander alors en quoi le Système métrique diffère de tous les autres qu'il prétend remplacer par la simplicité de ses relations. La réponse est simple : toutes les applications des mesures de volume dont le degré de précision est inférieur à celui de l'écart entre l'unité et le nombre cherché pourront admettre l'égalité ; et ces applications constituent l'immense majorité des mesures. C'est seulement pour un petit nombre de déterminations, l'élite, pour ainsi dire, des mesures de précision, que les opérations de jaugeage devront subir une correction pour être exprimées en unités géométriques.

» Telle est la raison d'être principale de ce travail. Mais il en est une autre, sur laquelle il me semble qu'on n'ait pas assez insisté jusqu'ici, je veux parler de la mesure des pressions.

» On peut exprimer les pressions en fonction d'unités arbitraires, définies par les hauteurs des colonnes liquides qui leur font équilibre. Mais, si l'on veut

pouvoir rattacher leur mesure aux unités fondamentales de la Physique, il est nécessaire de connaître, outre la hauteur h de la colonne liquide, deux autres éléments définis : la masse spécifique m , du liquide et l'accélération de la pesanteur g . La valeur absolue de la pression est le produit hgm , de ces trois quantités. Dans le Système métrique, la masse spécifique est exprimée par la masse en kilogrammes du décimètre cube du liquide employé, et elle se ramène, en dernière analyse, à la masse du décimètre cube d'eau.

» La recherche elle-même se compose nécessairement de deux groupes entièrement distincts d'opérations. Les unes sont relatives à la mesure des dimensions géométriques d'un corps de forme aussi régulière que possible. Les autres consistent en des pesées hydrostatiques qui, combinées avec des pesées dans l'air, réduites au vide par le calcul, donnent la masse de l'eau déplacée par le corps immergé. Le quotient de la masse de l'eau, évaluée en kilogrammes, par le volume du corps exprimé en décimètres cubes, fournit la masse du décimètre cube d'eau; le quotient inverse donne le volume du kilogramme d'eau.

» Les deux éléments de la mesure nécessitent des soins minutieux et sont, au point de vue expérimental, d'une égale difficulté. Mais ils diffèrent en un point important : tandis que les balances permettent depuis longtemps d'atteindre une très haute précision et ne peuvent plus subir que des perfectionnements de détail, les principes mêmes de la mesure des dimensions linéaires d'un corps ont pu enregistrer, dans ces dernières décades, de très grands progrès.

» C'est dans ce deuxième ordre de mesures qu'il était nécessaire de multiplier les contrôles et de varier les procédés. J'y viendrai dans un instant. Il me suffira de dire que, pour les pesées, les mêmes précautions ont été prises dans toutes les recherches : l'eau a été distillée dans un appareil à réfrigérant de platine; avant les pesées hydrostatiques, elle a été exposée toujours pendant quelques heures à une très basse pression, de manière à en dégager l'air dissous; le corps immergé a été suspendu à un fil de platine platiné, supprimant les erreurs capillaires; enfin, la disposition même de nos salles et les conditions de préparation de nos expériences nous ont permis d'assurer à l'eau une température bien constante et uniforme. Les pesées dans l'air, au même degré de précision, ne présentent pas de difficultés et exigent seulement le manie-ment parfait des balances.

» Pour les mesures des dimensions, une description aussi sommaire est insuffisante. J'entrerai donc dans le cœur du sujet en exposant le détail des travaux effectués au Bureau ou avec sa coopération.

» Il y a près de vingt ans, l'éminent physicien Macé de Lépinay imagina une méthode nouvelle de mesure des épaisseurs fondée sur l'emploi des délicats

phénomènes d'interférence dont M. Benoît vient d'entretenir la Conférence. Il voulait alors faire servir ses mesures à la détermination des longueurs d'ondes elles-mêmes, en partant de la relation entre les volumes géométriques et physiques, supposée rigoureuse, ou du moins beaucoup mieux connue que les valeurs des longueurs d'onde. Mais lorsque, grâce aux travaux exécutés au Bureau par MM. Michelson et Benoît, la mesure des longueurs d'onde se trouva être en forte avance sur la question du décimètre cube d'eau, c'est l'étude de cette dernière qu'il résolut de poursuivre, et qu'il aborda finalement après de nombreux perfectionnements de sa méthode. Les mesures furent exécutées avec la coopération de M. Benoît et de M. Buisson.

» Étudiant de près les méthodes de M. Michelson, M. Chappuis, alors au Bureau international, vit qu'elles pouvaient être appliquées à la mesure précise des volumes et exécuta un deuxième travail.

» Je débutai à la même époque, voilà un peu plus de 12 ans, en employant la méthode bien connue de mesure par des contacts mécaniques, que je cherchai à perfectionner de mon mieux. C'est par l'exposé de ce travail que je commencerai, parce qu'on peut le considérer comme une suite de recherches antérieures.

» Je laisserai de côté tous les détails et ne m'attacherai qu'aux grandes lignes; cela est d'autant plus facile que deux des travaux dont je vais parler peuvent être présentés à la Conférence sous la forme définitive des Mémoires destinés à être insérés dans la Collection de nos publications. Le troisième est partiellement en épreuves et pourra paraître prochainement.

» Dans la méthode des contacts mécaniques, le corps à mesurer est pris entre deux barres de métal, dont les extrémités sont arrondies, et qui portent chacune un trait de repère; on mesure, à l'aide des microscopes d'un comparateur, la distance de ces deux traits, que l'on reporte immédiatement sur une échelle divisée. Dans une deuxième opération, on applique les barres de métal l'une contre l'autre, et l'on détermine de nouveau la distance des traits de repère. Retranchant cette distance de la première, on obtient l'épaisseur du corps entre les points de contact.

» L'emploi de cette méthode nécessite des réglages très minutieux. Les pièces de contact doivent être portées dans deux glissières exactement alignées l'une sur l'autre, mais laissant entre elles un espace libre dans lequel vient se placer le corps à mesurer.

» Le corps de forme géométrique simple le plus facile à établir, pour l'emploi de la méthode, est le cylindre. On mesure ses hauteurs en le couchant entre les pièces de contact, et ses diamètres en le plaçant verticalement sur son support. Dans la première position, son axe doit être parallèle à la ligne des points de

contact; dans la seconde, ceux-ci doivent être situés aux extrémités d'un diamètre, et non sur une corde. Tout écart de ces conditions, qui ne peuvent jamais être mathématiquement remplies, entraîne des erreurs dans les résultats. Et toute la difficulté d'application de la méthode réside dans l'étude des conditions pour lesquelles les erreurs des réglages auront la plus faible influence; puis dans leur réalisation la plus parfaite possible.

» J'ai passé plusieurs années à combiner et à expérimenter tous les détails de la méthode, et à l'appliquer à une première série de cylindres; pour chacun d'eux, je suis arrivé ainsi à un résultat individuel; mais les discordances de ces résultats montrèrent que les erreurs n'avaient pas été suffisamment éliminées. Le Comité décida en conséquence que ce travail devait être repris; j'en connaissais alors suffisamment tous les éléments pour être certain de le répéter dans des conditions beaucoup plus parfaites.

» Pour ce deuxième travail, je disposai de trois cylindres de bronze, qui avaient été tournés dans les ateliers de la Section technique de l'Artillerie, et achevés par M. Jobin; leurs diamètres étaient respectivement de 140^{mm}, 120^{mm} et 100^{mm}, leurs hauteurs de 130^{mm}, 115^{mm} et 100^{mm}. La mesure d'un très grand nombre de leurs diamètres et de leurs hauteurs permit d'en faire une sorte de topographie très serrée, qui révéla des formes extrêmement voisines de celle de cylindres mathématiques, mais dont chaque petite irrégularité exigea que son effet fût calculé.

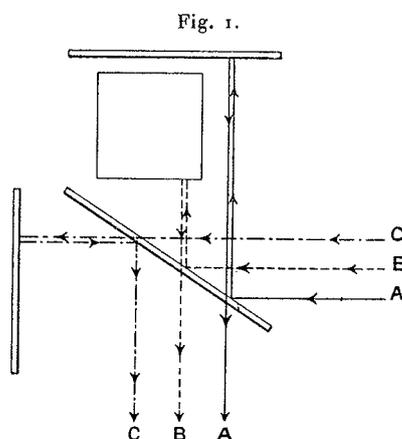
» Afin d'éliminer les erreurs qui auraient pu provenir d'un défaut de connaissance de leur dilatation, mesurée cependant sur des barres extraites des mêmes coulées de bronze, je m'astreignis à faire, à des températures très peu différentes, les mesures des dimensions et les déterminations de la poussée de l'eau. Et, comme la plus grande précision est obtenue, dans cette dernière mesure, au voisinage de la température où elle atteint son maximum, j'opérai, au cours de plusieurs hivers successifs, dans une salle dans laquelle la température n'était relevée artificiellement que lorsqu'elle descendait au-dessous de 7°.

» Mes mesures avaient été rapportées au Mètre international à l'aide d'une règle divisée. M. Chappuis prit, comme intermédiaire, l'échelle idéale constituée par les ondes lumineuses. La méthode qu'il imagina permet de mesurer des cubes transparents. Ses cubes étaient en crown, taillés et polis avec une perfection extraordinaire par M. Jobin.

» Pour la mesure, le cube est placé (*fig. 1*) en avant d'un miroir très parfait. Un train d'ondes lumineuses, parti de la source, se réfléchit sur un miroir semi-transparent et tombe, dans deux opérations successives, sur le miroir et sur le cube (faisceaux A et B), tandis qu'un autre faisceau (C), atteignant directement un deuxième miroir, s'y réfléchit et vient interférer séparément avec chacun

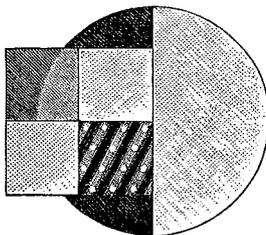
des deux autres, permettant ainsi de déterminer la différence de chemin optique des faisceaux réfléchis sur le cube et sur le miroir placé derrière lui.

» Mais cette opération ne constitue qu'un des éléments de la mesure. Il faut encore déterminer la distance au miroir de la face arrière du cube. Dans ce but,



on envoie un faisceau de lumière à travers le cube et l'on établit, entre les deux surfaces dont on veut déterminer l'écartement, des anneaux de Newton, dont le grand physicien Fizeau a déjà tiré un si merveilleux parti dans la mesure des dilatations. La figure 2 représente l'aspect du phénomène que l'on observe.

Fig. 2.



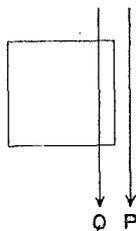
» Il reste encore une mesure à faire. Pour la première opération, on avait été obligé d'argenter les parties du cube sur lesquelles elle portait, savoir deux carrés placés en diagonale, tandis que la deuxième opération était effectuée sur les deux autres carrés, laissés transparents. Il faut donc mesurer l'épaisseur de la couche d'argent, ce que l'on fait également à l'aide d'un procédé de franges d'interférence.

» M. Chappuis a opéré sur quatre cubes, dont deux avaient des arêtes voisines de 50^{mm} , un de 60^{mm} et un de 40^{mm} . Sur l'un des cubes de 50^{mm} , il a été fait deux déterminations complètes et indépendantes. Puis, ce cube ayant subi un accident, il fut retouché et donna lieu à une troisième détermination.

» MM. Macé de Lépinay, Benoît et Buisson ont opéré sur des cubes de quartz, également taillés par M. Jobin, et dont la perfection n'est pas moindre que celle des cubes de crown de M. Chappuis.

» La méthode ne fait intervenir aucune surface auxiliaire. Un faisceau de lumière traverse à la fois le cube et l'air dans son voisinage immédiat. Les deux parties P, Q (*fig. 3*) du faisceau interfèrent, marquant, par l'aspect du

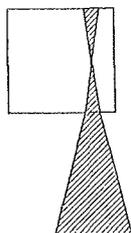
Fig. 3.



phénomène, leur différence de marche optique. Mais cette différence de marche $E(n - \nu)$ est due entièrement au fait que la lumière se propage moins vite dans le quartz d'épaisseur E (indice n) que dans l'air (indice ν). Le problème contient donc deux inconnues E et n , et pour le moment nous n'avons qu'une donnée.

» Pour en obtenir une seconde, on fait passer un faisceau (*fig. 4*) seulement dans le cube, et l'on fait interférer le faisceau réfléchi sur la face avant avec celui qui a frappé la face arrière et est revenu vers le premier. Nous connais-

Fig. 4.



sons alors la différence de chemin optique $2En$ due tout entière à la traversée du quartz. Nous possédons ainsi deux équations à deux inconnues qui nous donnent la valeur cherchée de l'épaisseur du quartz.

» Les mesures ont été faites sur deux cubes de 50^{mm} et 40^{mm} d'arête respectivement.

» Chacune des méthodes qui viennent d'être décrites présente des avantages et des inconvénients. Celle que j'ai employée est certainement la moins précise ;

mais elle permet d'opérer sur des corps de grandes dimensions, ce qui rachète en grande partie son infériorité. Celle de M. Chappuis, beaucoup plus précise, nécessite des surfaces auxiliaires : un miroir supplémentaire et une argenture. Celle de M. Macé de Lépinay est tributaire des petits écarts de l'indice de réfraction dans un même échantillon de quartz.

» Mais il est surtout essentiel de remarquer que ces trois méthodes sont absolument différentes entre elles, que les erreurs affectant l'une d'elles n'affectent pas les autres, et devraient apparaître, si elles étaient sensibles, dans des discordances des résultats auxquels elles conduisent.

» Il ne me reste plus maintenant qu'à communiquer à la Conférence les valeurs du volume du Kilogramme d'eau à 4° et sous la pression atmosphérique normale auxquelles ont conduit les trois ordres de recherches. Dans le Tableau ci-après, qui les résume, les corps sont rangés, dans chaque groupe, par ordre de grandeur décroissante.

Observateurs.	Méthodes.	Corps mesurés.		Volume du Kilogramme d'eau.	
				dm ³	dm ³
Guillaume.	Contacts.	Cylindre de bronze.	n° 1...	1,000 025 1	} 1,000 029
			n° 2...	1,000 034 5	
			n° 3...	1,000 032 8	
Chappuis.	Méthode interférentielle par réflexion.	Cube de crown.	n° 1...	1,000 030 0	} 1,000 027
			n° 2...	1,000 026 7	
			n° 3...	1,000 021 4	
			n° 4...	1,000 026 6	
Macé de Lépinay. Benoît. Buisson.	Méthode interférentielle par transmission.	Cube de quartz.	n° 1...	1,000 028 0	} 1,000 028
n° 2...			1,000 025 9		

» Considérons les moyennes, qui sont calculées en tenant compte de la perfection attribuée à chacun des résultats partiels, et en arrondissant au chiffre du millionième, puisque le suivant est tout à fait incertain (1).

» Nous voyons que les trois nombres obtenus se suivent de millionième en millionième, concordance tout à fait remarquable, mais qui pourrait être encore un peu resserrée si l'on utilisait des éléments de réduction d'une probabilité tout aussi grande. Ce sont là des détails dont la discussion doit être laissée aux Mémoires complets.

» Considérons encore le volume du Kilogramme d'eau en lui-même, et indépendamment de la concordance des trois déterminations individuelles. Nous

(1) Le résultat moyen des mesures de M. Chappuis est compris entre 1,000 026 et 1,000 027, quels que soient, entre les limites admissibles, les poids donnés à chacun des résultats individuels; M. Chappuis a admis le premier de ces nombres, tandis que le second m'a paru plus probable. Le nombre définitif ne pourra être fixé qu'après une discussion très approfondie.

voyons qu'il diffère de moins de $\frac{3}{1000000}$ de l'unité, à laquelle il devrait être égal. Cet écart est trop petit pour être nettement perçu par notre esprit. Je vais donc l'interpréter dans le sens des expériences qui ont servi à le déterminer.

» Supposons que la masse du décimètre cubé d'eau ait été établie par la réalisation d'un cube de 1^{dm} au côté. Il suffirait, dans cette construction, d'avoir majoré les arêtes du cube d'un micron, pour obtenir un volume légèrement supérieur à celui du kilogramme d'eau.

» Voici une autre indication prise dans un domaine différent : les mesures faites par les méthodes interférentielles ont été ramenées au Mètre à l'aide des valeurs des longueurs d'ondes déterminées au Bureau international. Or, si l'on n'avait eu, pour faire cette réduction, que les nombres de Rowland, issus d'un travail considéré comme un modèle, ce n'est pas 1,000 028 que l'on aurait trouvé, mais bien 1,000 130 environ. La discordance des valeurs individuelles aurait été 50 fois plus forte, et le volume du kilogramme d'eau aurait semblé nécessiter une correction plus de quatre fois plus forte que son erreur réelle.

» Cette dernière indication nous montre clairement le grand intérêt qu'il y avait à faire précéder la détermination qui nous occupe de toute une série d'autres travaux sur lesquels elle pût s'appuyer, afin de ne procéder qu'à coup sûr.

» La petitesse de la correction justifie pleinement, au surplus, la conservation du Kilogramme. Aujourd'hui, nous pourrions le rapprocher un peu de sa définition; mais il n'est aucune application commerciale ou industrielle de la détermination des volumes par les pesées qui s'en trouverait affectée d'une quantité dont il faille tenir compte.

» Cette grande perfection technique du Système métrique est une de ses forces; elle constitue, avec la numération décimale, sa supériorité sur les autres systèmes. Nous devons l'ensemble de son organisation à la Commission de l'Académie instituée en 1790, mais la perfection de la construction du Kilogramme est l'œuvre de Lefèvre-Gineau et Fabbroni. C'est pourquoi, lorsqu'après un siècle de travaux métrologiques, la correction nécessitée par leurs résultats vient enfin d'être établie pour une période qui sera longue, il est juste d'adresser à leur mémoire le tribut de notre reconnaissance et de notre admiration. »

M. FOERSTER, à propos de cet exposé, rappelle que les Comptes rendus de la troisième Conférence générale contenaient la recommandation faite au Bureau international de poursuivre les recherches sur le volume correspondant à 1^{kg} d'eau. Par l'exposé qui vient d'être fait des travaux accomplis, la Conférence peut dès maintenant se convaincre que le Bureau a brillamment répondu à cette recommandation. L'ensemble de ces recherches si importantes sera publié dans le quatorzième Volume des *Travaux et Mémoires*.

M. le PRÉSIDENT se fait l'interprète de la Conférence en exprimant sa reconnaissance aux savants du Bureau international et à leurs éminents collaborateurs pour les résultats si exacts et si décisifs obtenus par leurs longues séries de travaux difficiles, qui marqueront dans l'histoire de la Science.

La séance est ensuite suspendue pour permettre à MM. les Délégués d'examiner les appareils qui ont servi aux travaux exposés par MM. Benoît et Guillaume.

A la reprise de la séance, M. le PRÉSIDENT rappelle que le dernier point de l'ordre du jour a trait aux nouveaux procédés pour la mesure des bases géodésiques. Il donne, à ce sujet, la parole à MM. BENOÎT et GUILLAUME, qui s'expriment successivement dans les termes suivants :

« A l'époque de la dernière Conférence générale, l'étude des fils destinés à la mesure des bases géodésiques venait d'être entreprise, par nos soins, au Bureau international; et, bien que nos observations ne fussent pas encore très nombreuses, nous avons déjà pu exprimer le ferme espoir d'amener, après quelques perfectionnements et des études plus approfondies, l'ingénieux procédé de M. Jäderin à un degré de précision qui pût suffire aux exigences de la haute Géodésie.

» La principale cause d'erreur du procédé primitif, inévitable au début de son application, résidait dans la difficulté de déterminer la température des fils librement tendus dans l'air, avec une précision suffisante pour que leur longueur pût en être déduite avec certitude. Mais la découverte de l'invar, en mettant à la disposition des géodésiens un alliage de dilatation très faible ou même pratiquement nulle, diminuait dans une proportion telle l'action de la température, que l'on pouvait dès lors penser à réduire utilement diverses causes d'erreurs, considérées jusque-là comme peu importantes en regard de celles produites par la dilatation. Nous avons, dans les années qui viennent de s'écouler, fait une étude plus approfondie de la méthode de M. Jäderin, et accumulé, dans ce but, un nombre énorme d'expériences; les déterminations de longueurs faites au cours de ce travail se comptent déjà par centaines de mille, et cette quantité considérable de données numériques nous permet aujourd'hui d'apporter à la Conférence des résultats atteignant un haut degré de certitude.

» Les progrès de notre travail ont été déjà exposés dans les sessions du Comité international, et ont donné lieu à des Rapports détaillés. Lors de la précédente session, nos recherches étaient assez avancées pour que nous eussions pu tirer, de ces résultats, quelques conclusions d'une portée générale; nous

avons pu aussi joindre à cet exposé la description de tout un matériel nouveau, créé en vue de l'utilisation des fils en campagne. Notre publication a reçu, auprès des géodésiens, le meilleur accueil; insérée d'abord dans les Procès-verbaux des séances du Comité international, elle a été ultérieurement complétée par des résultats nouveaux, et il a paru utile de la répandre largement parmi les intéressés. Nous pouvons donc nous borner ici à un résumé plus succinct des résultats obtenus.

» Rappelons d'abord le principe de la méthode qui a fait l'objet de nos recherches : un fil métallique soumis à une tension constante et librement suspendu définit, tout comme une barre rigide, une longueur par la distance rectiligne de ses extrémités. Cette longueur n'est pas celle du fil, qui affecte la forme d'une chaînette; mais si, remis sous la même tension, il reprend la même forme, on peut le considérer comme rigide, et s'en servir comme d'un étalon de longueur.

» Pour déterminer la longueur des fils, nous avons constitué, dans les sous-sols de l'Observatoire du Bureau, une base composée d'une série de repères, fixés contre un mur de fondation, bien alignés, et distants deux à deux de 4^m; par leur ensemble, ces repères définissent une longueur de 24^m, que nous pouvons mesurer au moyen d'une règle de 4^m en invar, placée successivement dans les six intervalles des repères. La distance des repères extrêmes étant connue, nous pouvons mettre en coïncidence avec eux les bords des deux échelles divisées fixées aux deux extrémités du fil, soumis à une tension constante de 10^{kg}. Cette tension est exercée, à chaque extrémité, par une corde dont le brin horizontal est attelé au fil par l'intermédiaire d'un porte-mousqueton, tandis que le brin vertical soutient un poids. Les cordes passent sur des poulies montées sur billes, fixées sur des glissières serrées contre le mur par des écrous.

» Au début de nos études, et bien que l'examen des fils d'invar en constituât déjà l'objet principal, nous avons jugé utile de nous assurer des contrôles, en nous servant de fils faits avec divers métaux, possédant à la fois des coefficients de dilatation très différents et un ensemble de propriétés en quelque sorte inverses de celles de l'invar. Nous avons reconnu, depuis lors, que ce contrôle était en partie illusoire, puisque les mesures faites avec ces autres fils sont beaucoup moins précises; les recherches furent dès lors limitées aux fils d'invar, sur lesquels nous avons concentré tous nos efforts.

» Nos premières mesures nous avaient également permis de constater que la distance de nos repères n'était pas constante, mais variait dans le cours du temps; et, déjà dans la note insérée aux Comptes rendus de la troisième Conférence générale, nous avons pu émettre l'hypothèse que cette variation est une fonction de la température.

» Les six années écoulées ont confirmé cette idée mieux qu'on n'eût pu l'espérer. La muraille portant les repères se comporte, au point de vue des changements de sa longueur, à très peu près comme une barre de métal homogène; elle s'allonge en été et se contracte en hiver, d'une quantité que nous avons pu déterminer avec précision par des observations annuelles, et que nous avons trouvée égale à $0^{\text{mm}},163$ par degré pour 24^{m} , soit $6^{\text{p}},8$ par degré et par mètre.

» La régularité de ces variations nous offre un excellent moyen de contrôle pour nos mesures. La température de la muraille étant déterminée à l'aide de thermomètres qui la pénètrent, nous pouvons calculer ses variations, et les mettre en regard des longueurs directement obtenues. La concordance est souvent, durant plusieurs mois, de l'ordre du millionième de la longueur mesurée.

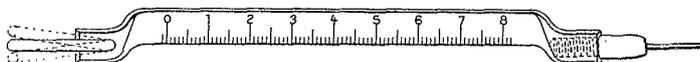
» Les déterminations absolues de la longueur de la base, au moyen de la règle d'invar, sont faites en général deux fois par an. Dans les jours qui précèdent et dans ceux qui suivent cette mesure, nous comparons à la base tous les fils, au nombre de douze, qui appartiennent au Bureau. Réduisant toutes les observations à une température moyenne, nous en déduisons la valeur de chacun des fils; puis, dans les mois qui suivent, nous admettons la constance de chacun d'eux; et, en les ramenant sur la base, au moins une fois par semaine, nous connaissons très exactement toute la série des valeurs de cette dernière. L'accumulation des lectures pour la comparaison des douze fils à la base produit une élimination très parfaite des erreurs, et fournit une précision élevée; il en résulte, en plus, une comparaison très complète et suivie des fils entre eux.

» La connaissance, pour tous les jours de comparaison, de la valeur de la base, nous permet ensuite de l'utiliser, soit pour des études d'intérêt général, soit pour les déterminations qui nous sont demandées.

» Nous avons cherché dès le début à perfectionner la construction des fils; l'invar avait été déjà employé dans des mesures importantes faites au Spitzberg par la Commission russo-suédoise; mais les fils de cet alliage étaient alors munis d'échelles de laiton; nous avons d'abord remplacé ces dernières par des réglettes d'invar; puis la découverte d'une cause d'erreur nous a conduits à adopter, pour celles-ci, une construction nouvelle; les réglettes actuelles, dont la forme est représentée dans la figure 5, ramènent dans le prolongement de l'axe du fil l'arête à laquelle aboutissent les traits; l'application du principe du plan des fibres neutres, si fructueux dans l'emploi des règles rigides, nous a ainsi permis d'éliminer dans les mesures faites à l'aide des fils munis de réglettes,

dans lesquelles l'extrémité des traits est distante de l'axe, une erreur bien supérieure à celle des comparaisons. On voit aisément qu'avec ces derniers, la valeur apparente du fil dépend de l'orientation donnée aux réglettes, c'est-à-dire de l'inclinaison, sur l'horizon, de la face portant les traits (*fig. 5*).

Fig. 5.



» Nos études d'ordre général, pour l'exécution desquelles nous avons été assistés successivement par M. Maudet et M. Tarrade, ont eu essentiellement pour but de déterminer l'ordre de précision des observations à l'aide des fils, et de découvrir les changements possibles de ces derniers, soit en l'absence de toute manipulation, soit par les diverses actions auxquelles ils peuvent être soumis dans leur emploi.

» Pour connaître la précision de nos comparaisons, il nous a suffi de mettre en regard, pour chaque jour d'observation, les valeurs de la base résultant de sa détermination par chacun des fils. Nous avons trouvé ainsi, en traitant un grand nombre de résultats individuels, que l'erreur probable d'une seule comparaison complète d'un fil avec la base, constituée par dix comparaisons individuelles avec échange des observateurs, est égale à $0^{\text{mm}},015$, soit $\frac{0,6}{1000000}$ de la longueur du fil. Puis, établissant les différences de chaque valeur individuelle par rapport à la moyenne, nous avons pu, dans le cours du temps, comparer entre elles les différences obtenues pour chacun des fils. Pour l'intervalle de plus de trois ans pendant lequel nos nouvelles séries de fils ont été déjà en service, nous n'avons pas constaté de divergences systématiques atteignant le millionième de leur longueur.

» Leur conservation relative est donc parfaite. Mais, en rectifiant leurs valeurs par les déterminations absolues de la base, nous avons pu reconnaître leurs changements absolus avec le temps, et les avons trouvés sensiblement égaux à ceux des barres d'invar ayant subi, comme les fils, l'étuvage reconnu nécessaire pour atténuer ces changements.

» Enfin, nous avons soumis les fils à des actions diverses, dont nous avons examiné les effets.

» Les tensions normales de 10^{kg} ont été trouvées sans action durable; sous 20^{kg} , les allongements permanents sont encore douteux; ils apparaissent nettement sous 30^{kg} ; et, sous 60^{kg} , ils atteignent déjà au bout d'une journée $\frac{1}{100000}$ de la longueur du fil. Mais une tension de cet ordre ne peut jamais être atteinte, même accidentellement et pendant un temps très court, pour un fil employé dans les opérations ordinaires en campagne.

» La nécessité d'enrouler des fils pour les transporter pouvait faire naître des craintes très sérieuses au sujet de leur conservation. C'est pourquoi nous avons beaucoup multiplié les essais d'enroulage, contrôlés par un nombre considérable de mesures.

» Les recherches sur les effets de l'enroulage ont comporté deux séries d'expériences. Dans la première, le fil soumis à l'examen a été enroulé librement sur un tambour, déroulé immédiatement, puis mesuré; dans la seconde, il était maintenu pendant un temps plus ou moins long à l'état enroulé, puis il était déroulé et mesuré aussitôt. Le diamètre d'enroulage a toujours été de 0^m,50.

» Les résultats de ces expériences ont été des plus nets. Un fil distendu était, par les premiers enroulages, ramené en arrière, d'une fraction de son allongement permanent. Puis, après cinq ou six enroulages dix au plus, il arrivait à une longueur fixe, et les opérations ultérieures n'avaient plus aucun effet appréciable sur sa longueur. De plus, les fils conservés en couronnes pendant des périodes qui ont varié de 1 mois à 8 mois, n'ont pas montré la moindre différence systématique dans leur lente variation avec le temps, par rapport aux fils restés étendus.

» Quelques observations isolées nous ont mis sur la trace d'une cause énergétique de variation des fils; ce sont les secousses. Celles-ci, en facilitant le glissement des molécules du métal, atténuent les tensions internes et produisent des raccourcissements qui peuvent être notables; or, comme un fil, transporté au loin et employé en campagne, subit nécessairement l'action des secousses, il était à craindre que les voyages produisissent un raccourcissement des fils après l'achèvement de leur étude. Mais des expériences systématiques nous ont montré que l'effet des secousses s'atténue, comme on pouvait s'y attendre, à mesure que leur nombre se multiplie. Un nombre suffisant de chocs préalables devait donc garantir les fils contre un raccourcissement ultérieur; nous avons dès lors ajouté un grand nombre de secousses énergiques aux traitements que nous avons antérieurement reconnus nécessaires pour assurer aux fils une bonne conservation.

» Voici donc, en résumé, quelles sont les opérations auxquelles les fils sont soumis avant de pouvoir être remis à leurs destinataires. Aussitôt livré par les aciéries d'Imphy, le fil d'invar est enroulé sur une chaudière construite spécialement dans ce but, et entouré de carton d'amiante; la chaudière est remplie d'eau, que l'on fait bouillir pendant une semaine; puis la température est abaissée graduellement de manière à atteindre, au bout de trois mois environ, celle du laboratoire. La dilatation est mesurée sur un échantillon prélevé sur la livraison, toujours prise dans le même lingot. Les fils sont mis approximativement de longueur, puis battus énergiquement, et ensuite munis, par le constructeur,

de leurs réglottes divisées. Revenus au Bureau international, ils sont mesurés, tendus pendant 24 heures sous 60^{kg}, mesurés de nouveau, puis battus une dernière fois ; ils sont alors prêts pour le début de leur étude.

» Comme une longue statistique nous a fait connaître les changements moyens de longueur que les fils subissent dans chacune des opérations qui précèdent, nous pourrions découvrir immédiatement et éliminer un fil qui présenterait des changements anormaux.

» L'ensemble des traitements qui viennent d'être décrits, depuis la réception de la matière première jusqu'à la livraison des fils étudiés, en y comprenant l'ajustage par le constructeur, occupe un intervalle bien voisin d'une année. C'est pourquoi, afin d'épargner aux services géodésiques une attente qui serait, dans bien des cas, préjudiciable à leurs travaux, nous avons institué au Bureau un roulement continu qui nous donne généralement une avance, et permet de répondre le plus souvent à bref délai aux demandes qui nous sont faites, par la remise de fils en travail depuis plusieurs mois lorsque ces demandes nous parviennent.

» La précision élevée des comparaisons faites sur notre base, jointe à la grande permanence des fils, nous ayant montré qu'ils pourraient satisfaire aux exigences les plus élevées de la Géodésie, nous avons été naturellement conduits à nous occuper de leur utilisation en campagne.

» Le matériel constitué par M. Jäderin, très pratique aussi longtemps qu'on ne cherche pas à atteindre un haut degré de précision, nous a paru insuffisant pour ces applications, et nous avons cherché à lui apporter les modifications nécessaires au nouveau champ d'action ouvert à l'emploi des fils. C'est ainsi que nous avons réalisé, avec la coopération de M. Carpentier, tout un matériel minutieusement décrit dans nos publications, et au sujet duquel nous pouvons nous borner à énumérer ici les points sur lesquels ont porté nos modifications.

» Aux dynamomètres-tenseurs de M. Jäderin, nous avons substitué des tenseurs à poids, qui transportent en campagne des conditions réalisées au laboratoire, et garantissent une stabilité parfaite. Les repères, dont on détermine la distance deux à deux au moyen des fils, ont été munis d'organes permettant des déplacements micrométriques ; ils sont pourvus, de plus, de supports pour une lunette de nivellement ou pour une mire destinée à être visée par la lunette, que supporte momentanément le repère voisin. Nous avons établi un modèle de tambour facilitant considérablement l'enroulage des fils, opération dangereuse lorsqu'elle est exécutée par des opérateurs qui ne sont pas rompus à cette manœuvre. Enfin, des repères destinés à être fixés dans le terrain ont été construits et permettent de marquer rapidement un point du sol compris entre les termes extrêmes de la base.

» En même temps que les fils, ce matériel s'est répandu parmi les géodésiens, et a été utilisé à de nombreuses mesures de bases. Nous avons constitué nous-mêmes deux bases, qui nous ont servi soit à apprendre et à enseigner dans la suite la manœuvre des appareils, soit à déterminer la valeur de fils d'une longueur très supérieure à celle de notre base murale.

» Tout d'abord, la mesure de la base du Simplon, par les soins de la Commission géodésique suisse, ayant nécessité la détermination d'un fil de 72^m en vue de la traversée du Rhône à Brigue, nous avons disposé, dans les terrains affectés au Bureau, quatre repères distants de 24^m, portés par des équerres métalliques fixées à des fers en forme de Ξ scellés dans le sol. Cette base nous a servi, à diverses reprises, pour déterminer des fils de 48^m et de 72^m. Nous avons reconnu ainsi qu'il n'est nullement difficile d'opérer avec des fils deux ou trois fois plus longs que le fil normal; mais, en même temps, les expériences faites nous ont montré qu'on ne gagne pas en précision en diminuant, au delà d'une certaine limite, le nombre des portées. Les fils de 72^m, par exemple, doivent être soumis, pour éviter une flèche exagérée, à une tension de 20^{kg}. Les frottements des cordes sur les poulies deviennent alors très appréciables; et, comme ils agissent sur la valeur de la flèche, des erreurs qui seraient insensibles sur un fil de 24^m arrivent à dépasser notablement, pour le fil de 72^m, celles des lectures. On élimine autant que possible ces dernières par des déplacements inverses du fil; mais chaque comparaison complète se trouve considérablement allongée, et le gain de temps, pour une même longueur mesurée, devient insignifiant. Il ne nous semble donc pas avantageux d'employer de longs fils pour l'ensemble de la mesure d'une base. Mais les expériences faites nous ont montré qu'on ne devra pas les redouter, lorsque le passage d'une dépression profonde contraindra accidentellement à s'en servir.

» Dans l'emploi d'un long fil librement suspendu, nous avons atteint à peu près, pensons-nous, la limite infranchissable dans des mesures précises, par l'application, à une mesure pratique, d'un fil de 168^m de longueur, dont la valeur a été déterminée sous la tension de 50^{kg}, au moyen de l'intervalle de 7 fois 24^m de notre deuxième base, établie, comme le sont en général les bases géodésiques, avec des repères enfoncés dans le sol. Ce fil a servi ensuite à déterminer, à la demande de la Société des Forges, Fonderies et Ateliers de construction d'Hautmont, la distance des culées d'un pont en projet sur la Rance, en Bretagne, entre Port-Saint-Jean et Port-Saint-Hubert, dans des conditions où les méthodes ordinaires de la Géodésie eussent donné des résultats insuffisamment précis, en raison de la configuration du terrain. La mesure était rendue particulièrement difficile par le fait que la marée recouvrait périodiquement les culées sur lesquelles nous devions installer nos appareils, et qu'il était, par conséquent, nécessaire d'opérer très rapidement.

» L'expérience, réussie à notre entière satisfaction, nous a permis d'affirmer que l'on ne rencontrera pas de difficultés insurmontables à joindre deux tronçons d'une base qui seraient séparés par un ravin d'une largeur un peu supérieure à 150^m. Il nous a semblé que, pour la double opération de la détermination du fil et de son emploi, dans les conditions difficiles où nous avons dû opérer, l'erreur totale ne devait pas atteindre 1^{mm}.

» Il nous reste à résumer les déterminations nombreuses des fils soumis à l'examen du Bureau, et qui ont été employés, dans la suite, par les Services géodésiques ou métrologiques des divers pays, dans des opérations sur le terrain ou dans les laboratoires. Nous les énumérons ci-après, dans l'ordre alphabétique des États auxquels ils ont été destinés.

» *Allemagne.* — Une première série de fils a été étudiée pour l'Institut géodésique prussien. Ils ont servi à mesurer, à Schubin, dans la Prusse orientale, une base de 5^{km} environ, dont il a été fait, sous la direction du professeur Borrass, neuf déterminations, à raison d'une mesure complète par jour, malgré des conditions atmosphériques souvent contraires. Les fils ont été aussi comparés entre eux sur une courte base à Potsdam. Ces fils, livrés à une époque où nous ne connaissions pas encore tous les procédés de stabilisation découverts dans la suite, ont subi, en campagne, de petites variations; puis ils ont été soumis, au Bureau, à une nouvelle étude qui a duré une année; les résultats de cette deuxième série de mesures sont conformes à ceux de Potsdam.

» Un second groupe, déterminé à la demande de la *Landesaufnahme*, a été, au moins en partie, emporté par la Mission de délimitation du Cameroun.

» D'autres enfin ont été fournis à la Normal-Aichungs Commission, à l'École technique supérieure de Stuttgart et à l'École technique supérieure de Munich. A Stuttgart, ils servent au professeur E. Hammer, dans son enseignement de la Géodésie; les mesures de base exécutées sous sa direction par ses élèves ont donné des résultats très précis, et montré une parfaite conservation des fils. A Munich, le D^r Max Gasser a mesuré une base après avoir déterminé directement la valeur de son fil à l'aide d'un mètre en invar étudié au Bureau. La concordance des déterminations du fil à Sèvres et à Munich a été du millionième.

» *République Argentine.* — Nous avons étudié une série de fils à la demande de la Section géographique de l'État-Major à Buenos-Ayres, en vue des mesures de bases destinées à l'établissement de la Carte. Une deuxième série est à l'étude.

» *Autriche.* — Des fils, dont l'étude est achevée, seront envoyés incessamment à l'Institut géographique militaire de Vienne.

» *Belgique*. — Un fil étudié au Bureau est employé, à l'Université de Gand, pour l'enseignement de la Géodésie aux officiers qui se préparent au Service du Congo.

» *Brésil*. — Les mesures géodésiques commencées dans l'État de Rio Grande do Sul en vue de la confection de la Carte ont nécessité l'étude de fils, que nous avons exécutée à la demande de l'État-Major brésilien.

» *Chili*. — La Commission de délimitation du Chili et de l'Argentine nous a demandé d'étudier, pour ses déterminations, des fils actuellement en service.

» Le Brésil et le Chili ne faisant pas partie de la Convention du Mètre, ces travaux ont été soumis à des taxes établies de façon à indemniser le Bureau du travail nécessité par les études demandées. A cette occasion, des pourparlers ont été engagés, avec le Comité international, pour l'accession de ces deux États à la Convention du Mètre.

» *Danemark*. — Des fils étudiés au Bureau ont été employés, dans le courant de l'été dernier, à des mesures de bases faites en Islande, par les soins de la Section topographique de l'État-Major danois.

» *France, Colonies et Protectorats*. — Le Service géographique de l'Armée française nous a demandé, à diverses reprises, de déterminer, pour ses travaux, des fils du modèle que nous avons établi, ou des fils d'une construction plus ancienne ayant déjà servi à mesurer des bases dans des Colonies. Une série de trois fils a été employée, en même temps qu'une règle d'invar étudiée par nos soins, dans le grand travail de mesure d'un arc de méridien dans la République de l'Équateur. Ces mêmes fils, revenus du Bureau, viennent d'être emportés en Crète. D'autres ont été employés en Indo-Chine, au Sénégal, à la Côte d'Ivoire. Nous avons exécuté également, à la demande du Service hydrographique de la Marine, l'étude de plusieurs fils, employés à Madagascar ou dans l'Indo-Chine. Enfin, nous avons étudié des fils pour la Section technique de l'Artillerie et pour le Service du Cadastre.

» Des fils ont été expédiés au Service du Cadastre de la Régence de Tunis.

» *Grande-Bretagne, Irlande et Colonies*. — Le *Board of Trade, Standards Department*, et le *National Physical Laboratory* nous ont demandé d'étudier des fils en vue de l'établissement de bases de comparaison. D'autres ont été déterminés pour *The Ordnance Survey Office*, et sont actuellement employés dans l'Ouganda.

» Des déterminations répétées ont été faites pour la Colonie du Cap et la Rhodesia, où la mesure de l'arc de méridien africain a été commencée sous la direction de Sir David Gill.

- » Des fils ont été déterminés également pour l'Université de Sydney.
- » *Hongrie*. — Le Service du Cadastre de Hongrie nous a demandé une série de fils que nous pourrions lui adresser incessamment.
- » *Italie*. — Une série de fils, étudiés pour le Service hydrographique italien, dont la direction est à Gênes, est prête à être expédiée.
- » *Japon*. — La Commission géodésique japonaise utilise, depuis plusieurs années, des fils étudiés par nos soins, et nous en déterminons actuellement une nouvelle série pour le Service géographique de l'Armée.
- » *Mexique*. — La Commission géodésique mexicaine nous a demandé, par l'organe de son président, M. A. Anguiano, l'étude de plusieurs fils, dont la longueur pourra être contrôlée à l'aide d'un appareil de bases, d'un type nouveau, que nous avons établi; l'organe principal de cet appareil est une règle d'invar semblable à celle que nous avons présentée à la dernière Conférence générale. La Commission de Géographie exploratrice, dirigée par le général Garcia Peña, emploie également des fils étudiés au Bureau.
- » *Norvège*. — Nous avons remis, cette année, à la Section géographique de l'État-Major à Christiania, des fils qui ont été employés dans le courant de cet été.
- » *Pérou*. — Les travaux géodésiques et topographiques du Pérou ont été récemment confiés à une mission sous le commandement du capitaine Berthon, détaché du Service géographique de l'Armée française; la mission a emporté des fils étudiés au Bureau.
- » *Portugal*. — Des fils dont l'étude a été demandée par M. le Comte d'Avila, Directeur des travaux géodésiques du Portugal, ont servi, cette année, à des mesures de bases à Lourenço-Marquez. D'autres fils sont demandés.
- » *Roumanie*. — Le Service géographique de l'Armée roumaine possède, depuis 1902, des fils qui ont été employés l'année suivante à des mesures de bases. D'autres fils, de notre dernier modèle, ont été envoyés ultérieurement au même Service.
- » *Russie*. — Des fils ont été livrés à la Chambre centrale des Poids et Mesures, alors dirigée par le regretté Mendeleef, et ont été employés dans la détermination de la longueur des pendules à l'étude desquels il a consacré les dernières années de sa vie. Une autre série de fils a été envoyée à la Section topographique de l'État-Major général, à la demande de M. le général Artamanof. Ces fils ont été employés dans le Turkestan. D'autres fils, en nombre considérable, seront

expédiés prochainement, et serviront aux études géodésiques commencées en divers points de l'Empire russe.

» Les travaux faits en Russie ont conduit à des vérifications très intéressantes. Huit fils envoyés à Tachkent ont été soumis par le général Gédéonof à une vérification, sur la base établie dans les bâtiments du Service topographique. Ces fils ayant donné une différence constante par rapport aux équations que nous avons indiquées, le général Gédéonof a été conduit à se demander si l'équation de sa règle de base n'était pas erronée. Une nouvelle détermination de cette règle, faite par les soins de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, à Saint-Pétersbourg, a modifié en effet son équation, et a établi un accord parfait entre les déterminations de Sèvres et celles de Tachkent.

» Le général Gédéonof a reconnu une permanence relative parfaite des fils issus du Bureau, tandis que des fils d'une autre provenance et non soumis aux actions stabilisatrices ont subi de brusques changements.

» Un important envoi de fils sera fait prochainement à la Section topographique de l'État-Major, à Saint-Pétersbourg; des règles de bases, dont l'étude va être commencée au Bureau, permettront de mesurer directement des bases murales dans les Instituts topographiques situés dans divers points de l'Empire russe; il en résultera, dans un avenir peu éloigné, des vérifications d'un grand intérêt.

» *Serbie.* — La Section géographique de l'État-Major général, que dirige le commandant Boscovitch, a mesuré, dans ces dernières années, plusieurs bases à l'aide de fils étudiés au Bureau. Une autre série a été envoyée plus récemment au Service du Cadastre.

» *Suède.* — Nous venons d'expédier, à la ville de Stockholm, des fils destinés à son Service du Cadastre.

» *Suisse.* — Le Bureau a pu participer directement à l'importante mesure de la base de 20^{km}, faite par les soins de la Commission géodésique suisse, au travers du tunnel du Simplon. Cette base, la plus grande de l'Europe, emprunte à cette circonstance, comme aux conditions de sa mesure, un intérêt tout particulier. Avant et après la mesure, les fils étudiés au Bureau ont été comparés entre eux sur une base établie à Brigue; revenus au Bureau, ils ont été retrouvés au millionième près avec leur ancienne valeur, à l'exception de l'un d'eux qui avait subi un accident, et qui, réparé, reprit sa longueur primitive.

» *Uruguay.* — Le Gouvernement de l'Uruguay a récemment décidé de faire exécuter des levés topographiques, qui ont été confiés au capitaine Gros, détaché du Service géographique de l'Armée française. Le Bureau a déterminé,

en vue de ce travail, plusieurs fils aux mêmes conditions que pour le Brésil et le Chili.

» La conservation des fils de Tachkent ou de ceux du Simplon, comme les concordances trouvées entre des mesures indépendantes des mêmes fils, constituent des indices précieux de la possibilité de transporter, seulement à l'aide de fils enroulés, des longueurs données, avec toute la précision exigée aujourd'hui par la Géodésie. Toutefois, des variations reconnues sur quelques fils, au retour d'une campagne, nous ont engagés à soumettre à un examen approfondi la question des causes de ces changements, que plusieurs géodésiens étaient tentés d'attribuer aux secousses d'un voyage, alors que nos expériences déjà acquises nous conduisaient à penser plutôt qu'ils s'étaient produits sur le terrain, au cours des manipulations que leur avaient fait subir des opérateurs manquant d'une suffisante pratique de leur emploi.

» Afin d'accumuler de nouveaux documents, sur cette question, nous avons étudié parfaitement une série de huit fils, puis nous les avons soumis aux actions de deux voyages successifs : le premier dans le bassin méditerranéen, où ils furent emportés par M. L. Olivier, directeur de la *Revue générale des Sciences*; l'autre, au Japon, sur un paquebot de la Compagnie des Messageries maritimes. Les fils, mesurés à chaque retour, possédaient, après le premier voyage, une équation moyenne identique à la première, tandis qu'après le second, ils ont été trouvés plus longs en moyenne de 1 millionième, variation normale pour des fils qui seraient restés en repos.

» La longue énumération des Services qui ont eu recours au Bureau international pour l'étude des fils employés ensuite dans la Géodésie, dans la Topographie ou même pour des mesures de laboratoire, montre mieux que toute autre indication combien notre nouvelle organisation, créée peu avant la dernière Conférence générale, répondait à un besoin vivement ressenti.

» Nous avons étudié jusqu'ici plus de deux cents fils, et de nouvelles demandes nous parviennent presque journallement. Il en est résulté que ce service, organisé il y a un peu plus de six ans, est aujourd'hui le plus chargé et le plus actif de ceux du Bureau.

» La possibilité de mesurer rapidement de longues bases apporte, à toute la Géodésie, une économie considérable de temps et d'argent, et prélude à une transformation profonde de ses méthodes. La conservation des fils dispense, à la condition d'en posséder un nombre suffisant, d'emporter sur le terrain les appareils de vérification lourds coûteux et encombrants qui avaient semblé jusqu'ici nécessaires. Ainsi, les brigades géodésiques deviennent beaucoup plus mobiles et plus indépendantes de la structure du terrain.

» Mais aussi, l'emploi, dans tous les pays, d'étalons issus d'une même source, avec le minimum d'intermédiaires nécessaires en partant des Prototypes internationaux, assure, à la Géodésie du monde entier, une unité aussi parfaite qu'on puisse le désirer. Ainsi achève de s'accomplir, après quarante années d'un travail incessant, le désir des géodésiens, qui fut le premier pas vers une organisation internationale des mesures de précision. »

M. le PRÉSIDENT informe la Conférence que MM. Benoit et Guillaume ont disposé les appareils, dont ils viennent de donner la description, dans la cour du Bureau, de sorte que MM. les Délégués pourront se rendre compte de la remarquable méthode employée pour la mesure des bases géodésiques.

Le jour étant déjà près de finir et afin de rendre possible avant la nuit la visite de ces appareils, M. le PRÉSIDENT remet à la prochaine séance la Communication de M. Gautier concernant la mesure de la base du Simplon par la méthode des fils d'invar.

La séance est levée à 5^h.



QUATRIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE MARDI 22 OCTOBRE 1907.

Présidence de M. H. BECQUEREL, Vice-Président de l'Académie des Sciences.

Sont présents :

A. Les *Délégués* : MM. ARNDTSEN, d'ARRILLAGA, BLASERNA, DE BODOLA, BLUMBACH, BOSCH, CHAPPERON, EGOROFF, FOERSTER, FYFE, GAUTIER, GILL, HARSANYI, VON JECKLIN, KIKKAWA, KUSMINSKY, VON LANG, MAC-MAHON, MASCART, MURAT, OLARTE, PEREZ, PRYTZ, ROUSSEAU, SANCHEZ, STRATTON, TANAKADATE, VESNITCH, VIGNAUD, VIOLLE.

M. HASSELBERG s'est fait excuser.

B. Le *Directeur* et le *Directeur-Adjoint du Bureau international* : MM. BENOÎT et GUILLAUME.

C. Les *invités* : MM. DARBOUX, DESLANDRES, L. GAUTHIER, MARCADET, PEROT, ROBIN, SAUVAGE, TRESCA, TWIGG.

M. le PRÉSIDENT annonce que MM. Baudouin-Buguet et Chapsal prennent part à la séance comme représentants de M. le Ministre du Commerce. Il signale également la présence de MM. L. Gauthier, Vice-Président de la Chambre syndicale des Négociants en diamants, perles et pierres précieuses de Paris; Paul Robin, Vice-Président de la Chambre syndicale de la bijouterie de Paris, et J.-H. Twigg, membre du Comité de la Decimal Association.

Au moment où M. le PRÉSIDENT se prépare à ouvrir la séance, M. BENOÎT annonce que les aéronautes du Parc militaire de Meudon ont eu l'aimable attention de faire, à la Conférence, une visite avec leur dirigeable *Patrie*, et que le ballon est déjà en vue.

M. le PRÉSIDENT ainsi que tous les délégués et les invités de la Conférence se portent sur la terrasse du Pavillon de Breteuil et saluent de leurs applaudissements enthousiastes et répétés MM. les aéronautes, qui répondent aux saluts par des coups de sirène prolongés. L'assistance a pu admirer les formes du ballon bien tendu, la parfaite stabilité de l'appareil et la grande facilité de toutes les évolutions, auxquelles le ballon se livre malgré un vent par moments assez vif. Le ballon reste longtemps au-dessus du Bureau international et, après un dernier salut de la sirène, auquel répond une salve d'applaudissements de l'assistance, il part dans la direction de Versailles.

Dès l'ouverture de la séance, une lettre de remerciements et de félicitations, signée par tous les délégués et les invités, est adressée à M. le commandant Bouttieaux, directeur de l'établissement d'aérostation militaire à Meudon, et à son collaborateur M. le commandant Voyer.

La séance est ouverte à 3^h.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Secrétaire pour la lecture du Compte rendu de la troisième séance, qui est lu et adopté.

M. le PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante :

M. Henri Becquerel, Membre de l'Institut.

« Monsieur,

» En réponse à votre demande d'audience du 19 courant, j'ai l'honneur de vous faire connaître que M. le Président de la République recevra au Palais de l'Élysée, mercredi prochain à 5^h, MM. les Délégués des Gouvernements signataires de la Convention du Mètre à la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, avec le Ministre du Commerce, qui vient de son côté de faire la même demande.

» Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma haute considération.

» Le Secrétaire général de la Présidence de la République,

» J. LANES. »

M. le PRÉSIDENT exprime, au nom de la Conférence, toute sa reconnaissance à M. le Président de la République, ainsi qu'à M. le Ministre du Commerce, pour la gracieuse invitation dont elle vient d'être honorée. Il prie MM. les Délégués de bien vouloir se trouver à 4^h45^m au Palais de l'Élysée.

M. le PRÉSIDENT annonce ensuite que le Comité international, renouvelé dans une séance précédente, s'est constitué en nommant pour Président M. Foerster et pour Secrétaire M. Blaserna.

M. FOERSTER invite le Comité à se réunir pour une dernière séance jeudi 24 octobre, à 2^h30^m.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. R. Gautier pour sa communication relative à la mesure de la base géodésique du tunnel du Simplon au moyen des fils d'invar.

M. GAUTIER fait l'exposé suivant :

« La Commission géodésique suisse a été heureuse de trouver une occasion aussi favorable pour mettre en lumière les avantages de la méthode de MM. Benoît et Guillaume pour la *mesure rapide des bases par les fils d'invar*, et de profiter de la collaboration de son distingué compatriote, M. Ch.-Éd. Guillaume.

» Je ne veux pas entrer ici dans tous les détails de cette entreprise qu'on trouvera résumés dans une publication (1) faite l'année dernière à l'occasion de la quinzième Conférence de l'Association géodésique internationale, et que je suis heureux de mettre à la disposition de MM. les Délégués à la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures. Je veux seulement réitérer encore une fois ici les remerciements de notre Commission géodésique à M. Benoît d'abord pour avoir bien voulu nous prêter le concours de MM. Guillaume et Maudet, et à M. Guillaume ensuite pour nous avoir consacré son temps et son activité et pour avoir accepté la direction générale de notre mesure avec la complaisance et la compétence que chacun lui connaît.

» Cette mesure devait se faire avec une grande rapidité, vu que les Chemins de fer fédéraux nous prêtaient le tunnel pour cinq jours seulement, ce qui était déjà beaucoup pour eux, mais peu pour nous, et exigeait un travail ininterrompu, d'autant plus qu'il s'agissait de mesurer dans ce court espace de temps environ 20^{km}, aller et retour, soit près de 40^{km} en tout. Il fallait donc utiliser ces cinq jours le plus complètement possible, et pour cela constituer trois équipes semblables en ce qui concernait le personnel.

» Il fallait aussi profiter de ce que le travail se faisait sur une voie ferrée dans sa plus grande partie et employer utilement les rails. A cet effet, M. Guillaume a bien voulu, après entente avec nous, combiner avec M. Carpentier les modifications au matériel telles qu'elles vous ont été présentées dans la cour

(1) R. GAUTIER, *Quelques données sur la mesure de la base géodésique du tunnel du Simplon*, Genève, septembre 1906.

du Pavillon de Breteuil et telles qu'elles figurent sur l'une des planches de la publication qui vous a été distribuée.

» Le travail sur rails n'a pas présenté de difficultés sérieuses. Il n'en a pas été de même de la mesure des sections beaucoup plus courtes dans les galeries de direction du tunnel et en dehors de celui-ci. Pour la première section, entre l'observatoire de Brigue et le repère n° III placé près de l'entrée de la galerie de direction nord, le travail aurait pu être fait à n'importe quelle époque. En réalité il a été exécuté immédiatement après la mesure dans le tunnel même. Par le fait que le Rhône coupe cette section de la base, sa mensuration a été particulièrement intéressante, et il a fallu y employer le fil de 72^m que la Commission avait prié le Bureau international de lui préparer. Elle a aussi présenté des difficultés spéciales à cause d'une chute de neige, d'un vent violent et de la nature très accidentée du terrain.

» Les autres repères fixes devaient déterminer tout naturellement des sections de la base. Mais il restait la longue section rectiligne sur la voie du tunnel lui-même, de *dix-neuf kilomètres un quart* de longueur, qu'il aurait été imprudent de vouloir mesurer sans points fixes intermédiaires. Nous avons donc placé des repères de contrôle sur les traverses de la voie ferrée toutes les *cent portées* du fil de 24^m, et nous avons obtenu ainsi, en tout, un fractionnement de la base totale en *quatorze sections* dont *huit* mesuraient environ 2400^m. Les autres étaient beaucoup plus courtes et d'ailleurs inégales.

» J'ai l'honneur de présenter, dans le Tableau suivant, le résultat de la mesure tel qu'il vient d'être réduit et tel que mon collègue, M. le professeur Rosenmund, me l'a communiqué avant mon départ pour la Conférence actuelle.

RÉSULTATS LES PLUS RÉCENTS DES CALCULS RELATIFS A LA MESURE DE LA BASE DU TUNNEL DU SIMPLON.

(Communiqués par le Professeur M. Rosenmund, Membre de la Commission géodésique suisse.)

SECTIONS.	LONGUEURS RÉDUITES avec correction de température.		DIFFÉRENCE A — R.	LONGUEURS moyennes.	CORRECTIONS.				LONGUEURS corrigées.
	Aller.	Retour.			Pente.	Déviations.	Tension du fil.	Chainette.	
I-II.....	31 596,95 ^{mm}	596,95 ^{mm}	0,00 ^{mm}	31 596,95 ^{mm}	"	"	+ 0,04 ^{mm}	" ^{mm}	31 596,99 ^{mm}
II-III.....	289 611,50	610,06	+ 1,44	289 610,78	"	"	+ 0,33	+ 0,05 ^{mm}	289 611,16
III-1.....	212 901,75	902,19	— 0,44	212 901,97	"	"	+ 0,33	"	212 902,30
1-2.....	2 184 688,63	694,47	— 5,84	2 184 691,55	— 4,67 ^{mm}	— 3,04 ^{mm}	+ 3,37	"	2 184 687,21
2-3.....	2 401 015,33	017,36	— 2,03	2 401 016,34	— 5,23	— 1,76	+ 3,70	"	2 401 013,05
3-4.....	2 401 096,20	102,14	— 5,94	2 401 099,17	— 4,79	— 1,13	+ 3,70	"	2 401 096,95
4-5.....	2 400 924,13	936,07	— 11,94	2 400 930,10	— 5,06	— 1,80	+ 3,70	"	2 400 926,94
5-6.....	2 351 887,27	887,14	+ 0,23	2 351 887,20	— 58,47	— 2,88	+ 3,63	"	2 351 829,48
6-7.....	2 377 960,86	958,36	+ 2,50	2 377 959,61	— 57,01	— 1,98	+ 3,66	"	2 377 904,28
7-8.....	2 401 346,12	350,02	— 3,90	2 401 348,07	— 60,02	— 1,80	+ 3,70	"	2 401 289,95
8-9.....	2 401 317,52	313,08	+ 2,44	2 401 316,30	— 59,01	— 2,57	+ 3,70	"	2 401 258,42
9-10.....	336 182,56	182,07	+ 0,49	336 182,32	— 8,19	— 0,31	+ 0,52	"	336 174,34
10-IV.....	288 332,48	330,37	+ 2,11	288 331,43	"	"	+ 0,44	"	288 331,87
IV-V.....	67 180,79	180,61	+ 0,18	67 180,70	"	"	+ 0,11	"	67 180,81
Total....	20 146 042,09	062,89	— 20,80	20 146 052,49	— 262,45	— 17,27	+ 30,93	+ 0,05	20 145 803,75

N. B. — La réduction de pente pour les sections I-II, II-III, III-1, 10-IV et IV-V est contenue dans les résultats de la deuxième et de la troisième colonne.

» Réduction à la même altitude. — La cote du repère III est de 685^m,8; celle du repère IV, de 633^m,3. Le palier central est à une altitude moyenne de 705^m. En réduisant, comme l'a fait M. Rosenmund, la longueur totale à l'altitude de 700^m, on trouve une réduction de + 56^{mm},93. La longueur totale de la base réduite à cette altitude de 700^m est donc

20 145 860^{mm},68.

» La longueur déterminée par la triangulation de M. Rosenmund, en partant de la base beaucoup plus courte de Bellinzona, était de

20 145 230^{mm}.

» Cela fait une différence de 63^{cm} en plus pour la longueur mesurée directement.

» Si l'on prend dans ce Tableau ce qui est le plus intéressant, les différences des longueurs des sections de la base mesurées à l'*aller* et au *retour* et contenues

dans la quatrième colonne, on constate immédiatement une bonne concordance de ces longueurs. Pour une seule section, la différence est de l'ordre du $\frac{1}{200000}$, mais pour la majorité elle est moindre que le $\frac{1}{500000}$. Et pour la longueur totale, la différence des deux mesures est seulement de $\frac{1}{1000000}$, par le fait de la compensation des sections les unes par les autres. Cette concordance est d'autant plus remarquable que nous avons à lutter contre un grand nombre de difficultés dont je signalerai seulement ici les suivantes :

» Le personnel, à part MM. Guillaume et Maudet, n'avait pas utilisé le matériel avant des essais faits deux fois pour chaque équipe, une fois de jour et une fois de nuit, sur une section de voie de chemin de fer du Valais, près de Viège, pendant les jours qui ont précédé la mesure dans le tunnel ;

» Le travail se faisait dans l'obscurité, et les lectures sur les réglettes se sont surtout ressenties de l'insuffisance de l'éclairage fourni par les lampes à acétylène ;

» Le courant d'air insufflé dans le tunnel par les appareils de ventilation était assez fort pour que, malgré les précautions de plus en plus minutieuses que nous avons prises, les fils à plomb qui servaient à placer les repères mobiles au-dessus des repères fixes ou de contrôle fussent souvent déviés d'une façon sensible de la verticale ;

» Enfin, et surtout, la nécessité de travailler vite et sans préparation complète faisait que nous n'avons que peu à peu fait toutes les expériences qui nous auraient permis, à l'occasion d'une répétition ultérieure (mais irréalisable) de notre entreprise, de travailler tout aussi rapidement, mais plus exactement encore !

» La vitesse moyenne de la mesure sur la voie a été de 367^m à l'heure à l'aller et de 466^m au retour. Vers la fin de la mesure, les équipes, bien entraînées, ont fait jusqu'à 540^m à l'heure, soit 180 portées de 24^m en 8 heures, en y comprenant le temps d'un repos d'une demi-heure au milieu de la période de travail.

» Ces résultats montrent donc que l'on peut réaliser, par l'emploi de fils d'invar, pour mesurer une longueur rectiligne sur une voie ferrée, une grande rapidité d'exécution. La Commission géodésique suisse est heureuse d'avoir fourni une occasion à la méthode de MM. Benoît et Guillaume de se manifester comme remarquablement adaptée à une mensuration qu'on aurait pu taxer de téméraire peu d'années auparavant, et qui a pu être menée à bien grâce en partie certainement à l'endurance du personnel qui faisait la mesure, mais grâce surtout à la méthode elle-même, et à ses grands mérites pratiques.

» Je crois pouvoir ajouter, en terminant, que MM. les Délégués à la Conférence seront tous d'accord pour approuver la grande activité déployée par

le Bureau international dans ce domaine si directement utile à la Géodésie. Mais cette utilité ressort à un autre point de vue encore, lequel se rattache intimement aux questions qui seront traitées dans la séance de ce jour : les fils d'invar métriques ont déjà servi et serviront à l'avenir aux Services géodésiques de pays qui n'avaient pas encore fait officiellement adhésion au Système métrique ; et les travaux du Bureau dans cette direction ont ainsi vigoureusement favorisé la propagation du Système métrique dans toutes les parties de la terre. »

M. le PRÉSIDENT s'associe aux sentiments exprimés par M. Gautier et reconnaît avec lui l'importance de semblables travaux pour la Géodésie en général et pour la diffusion du Système métrique ; et il donne la parole à M. Guillaume pour résumer, par points principaux, son Rapport sur les progrès du Système métrique.

M. GUILLAUME expose les progrès du Système métrique dans les six dernières années, en suivant l'ordre adopté dans le Rapport publié en Annexe aux Comptes rendus. Il rappelle d'abord les résultats techniques obtenus dans la comparaison des étalons entre eux ou dans l'établissement de leurs rapports avec des phénomènes naturels. Pour les Mètres, la permanence relative a été trouvée de l'ordre du dix-millionième, et pour les Kilogrammes, du cent-millionième, limites de précision des observations. Le contrôle par les longueurs d'ondes lumineuses a donné également une concordance du dix-millionième entre des mesures faites à quinze ans de distance. Enfin, le rapport du litre au décimètre cube a été déterminé avec une exactitude qui semble être de l'ordre du millionième.

M. Guillaume rappelle ensuite les décisions du Comité international et de la Conférence relatives à l'échelle des températures, dont la première date déjà de vingt années. A la suite de ces décisions, tous les physiciens ont adopté l'échelle du thermomètre à hydrogène sous volume constant, dans un but d'unification par une échelle que l'on savait être très voisine de celle qui est théoriquement définie par la Thermodynamique. Les calculs récents de M. Daniel Berthelot, fondés sur des expériences au premier rang desquelles il faut mentionner celles de M. Chappuis, ont montré que l'échelle normale ne diffère de l'échelle thermodynamique, dans la région des températures usuelles, que de quantités inférieures à la limite d'erreur des observations actuelles. L'échelle normale et l'échelle thermodynamique peuvent donc être considérées comme pratiquement identiques.

M. le PRÉSIDENT fait observer combien, dans cette question de l'unification rationnelle des températures, l'action du Comité et du Bureau a été fructueuse.

L'adoption d'une échelle thermométrique unique pour toute la Physique a fait disparaître de nombreuses discordances, notamment en Calorimétrie, dans les valeurs de l'équivalent mécanique de la calorie, etc.

M. GUILLAUME poursuit son exposé en mentionnant les corrections apportées dans ces dernières années aux valeurs de l'accélération de la pesanteur, pour tenir compte de causes perturbatrices insoupçonnées autrefois, notamment de la flexion du pendule, mise en lumière par M. Helmert et par M. Almansi. Il résulte des calculs récents que la valeur adoptée pour la pesanteur au Pavillon de Breteuil d'après les déterminations du commandant (aujourd'hui général) Defforges doit être diminuée d'une petite quantité. Si on la réduit ensuite aux conditions normales (45°, niveau de la mer) à l'aide des coefficients établis par M. Helmert, on trouve : 980,616 cm : sec⁻², au lieu de 980,665, valeur conservée jusqu'ici. Or, l'ensemble des 1400 stations comprises dans le grand calcul de compensation de M. Helmert donne, pour les conditions normales : 980,615, quantité identique, dans les limites des erreurs possibles, avec celle qui résulte des observations faites au Bureau international (1).

M. le PRÉSIDENT considère une aussi bonne concordance des résultats locaux et généraux comme très heureuse. Aux nombreux privilèges dont bénéficie le Bureau international, on peut maintenant ajouter celui d'être situé à un endroit du Globe dépourvu de perturbations sensibles de la pesanteur. La question ne se pose donc pas de savoir si, dans les législations, on devra adopter, comme on l'a fait jusqu'ici, la valeur de la pesanteur au Pavillon de Breteuil, ramenée aux conditions normales, ou s'il ne sera pas préférable de déduire la valeur normale de tout l'ensemble des déterminations. Les deux conventions amènent, en effet, à une valeur identique.

L'ordre du jour appelant ensuite l'exposé de l'état des législations, M. Guillaume résume comme suit les indications contenues dans son Rapport :

« 1° Un seul, parmi les États ayant adhéré à la Convention du Mètre, le Danemark, était resté jusqu'ici étranger au Système métrique. Une loi du 4 mai 1907 vient d'en consacrer l'application, qui sera obligatoire lorsque deux années d'emploi facultatif seront écoulées.

» Un décret ministériel a imposé le Système métrique obligatoire dans les Colonies portugaises qui ne le possédaient pas encore.

(1) Les nombres ci-dessus sont obtenus en réduisant les résultats publiés par le général Defforges, en Annexe aux *Procès-Verbaux des séances du Comité international*. Ceux qui ont été donnés dans une publication ultérieure (*Mémorial du Dépôt de la Guerre*) conduiraient au nombre réduit 980,623.

» 2° La France et la Roumanie ont sanctionné les Prototypes internationaux.

» 3° En Hongrie, une loi nouvelle a été promulguée, définissant les unités de toutes les grandeurs usuelles : force, pression, densité, etc., ainsi que les unités électriques.

» 4° Dans les quatre grandes nations (États-Unis d'Amérique, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et Irlande, Japon, Russie) dans lesquelles le Système métrique était facultatif déjà antérieurement à la Conférence de 1901, aucune loi fondamentale nouvelle n'a été promulguée; mais une modification de la loi japonaise a donné de nouvelles facilités pour les vérifications, tandis que, dans les trois autres pays, des décrets ou ordonnances ont consacré l'emploi du Système métrique dans des domaines particuliers, et notamment dans les applications à la Médecine et à la Pharmaceutique.

» En Russie et au Japon, le nombre des étalons métriques de masse déterminés dans ces dernières années a été très considérable : 250000 pièces en Russie en 2 ans, 140000 séries au Japon en 1906. Pratiquement, le Système métrique s'est substitué au Système japonais pour la mesure des masses.

» Dans le Royaume-Uni, la proposition de loi d'obligation n'a été repoussée, à la Chambre des Communes, qu'à une faible majorité. »

M. PRYTZ ajoute à la mention faite par M. Guillaume au sujet du Danemark les renseignements suivants :

« On a depuis longtemps fait usage du Système métrique en Danemark, aussi bien dans la législation que dans les affaires publiques, mais il manquait jusqu'ici une loi générale sur l'établissement du Système.

» Cette loi, dont le texte traduit en français est sous les yeux de MM. les Délégués, a été récemment promulguée.

» D'après cette loi, et à partir d'une époque qui sera fixée par le Roi, en tout cas pas plus tard que 3 ans après la promulgation, on devra se servir exclusivement des poids et mesures métriques pour tous les calculs de droits de douane et d'autres droits publics.

» A partir de cette époque, l'usage des mesures métriques sera facultatif dans le commerce.

» Deux ans plus tard encore, le Système métrique sera complètement obligatoire.

» Cette loi ne s'applique pas à l'Islande ni aux Antilles danoises. »

M. BLASERNA fait remarquer que le Haut Gouvernement du Danemark a été un des premiers à accepter le nouveau mode des contributions, bien que sa propre contribution s'en trouvât plus que triplée.

A propos des détails donnés par M. Guillaume sur l'état légal du Système métrique en Angleterre, M. BAUDOIN-BUGNET, fait, au nom de M. le Ministre du Commerce de la République française, la déclaration suivante :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESSIEURS,

» M. le Ministre du Commerce, persuadé des conséquences heureuses que le Système métrique a entraînées pour tous les pays qui l'ont adopté, a vu avec un grand regret qu'une circulaire, émanant de son Département, avait pu être interprétée de façon à contribuer au rejet, par le Parlement britannique, du bill tendant à rendre obligatoire le Système métrique.

» En effet, l'honorable Président du Board of Trade, dans un discours prononcé à la Chambre des Communes, a fait mention de cette circulaire pour tirer argument de son texte contre le bill en discussion.

» Peut-être, les termes employés étaient-ils ou trop généraux, ou trop peu clairs, mais, à coup sûr, ce document n'avait pas, dans son ensemble, le sens qu'on lui a donné.

» Ce sens est, d'ailleurs, exactement précisé dans les deux phrases suivantes :

« Mon Département a dû, à différentes reprises, donner au service de la vérification des Poids et Mesures des instructions pour arriver à la suppression totale des mesures ou poids interdits par la loi du 4 juillet 1837 par la saisie des objets irréguliers. »

» Et plus loin, s'adressant aux membres des Chambres de Commerce :

« Je suis persuadé que l'appel qui leur est fait par le Gouvernement en cette circonstance ne les laissera pas indifférents et qu'ils lui prêteront leur concours pour l'aider à faire disparaître les *derniers vestiges des dénominations* adoptées avant la création du Système métrique. »

» Il ressort de la première de ces phrases, qu'il s'agit de faits répartis sur une longue période, commençant aussitôt après l'entrée en vigueur de la loi de 1837, et que, puisqu'on parle de suppression totale, c'est qu'on n'a plus qu'à poursuivre des mesures ayant déjà obtenu presque tout leur effet; et de la seconde, qu'il ne reste plus que des traces de ces dénominations anciennes.

» On peut dire, en effet, que s'il est parlé dans le corps de la circulaire de *dénominations prohibées* et de *l'emploi de mesures interdites*, il s'agit essentiellement de mesures en usage dans quelques corps de métiers, soit *pour les dimensions restées courantes* depuis une époque reculée, soit *d'objets fabriqués pour des pays étrangers* et auxquels sont appliquées les mesures de ces pays.

» Nous ne pouvons empêcher qu'avant d'adopter le Système métrique la France ait employé d'autres mesures; et il ne dépend malheureusement pas de nous que le Système métrique n'ait pas encore rallié tous les suffrages.

» Ces dénominations sont, d'ailleurs, plutôt un numérotage qu'une véritable mesure. Ainsi une montre connue sous l'indication 18 *lignes* n'a pas nécessairement un diamètre de 18 lignes du pied de roi, mais seulement une dimension approchée que l'on pourrait tout aussi bien remplacer par l'indication *montre n° 18*.

» Personne ne contestera que les astronomes continentaux n'emploient pas d'autres mesures que celles du Système métrique; et, cependant, lorsqu'ils parlent d'un instrument astronomique construit autrefois, ils diront encore, par une survivance de leurs habitudes, un 12 *pouces* ou un 15 *pouces*. C'est encore une survivance de même genre, mais plus compréhensible, qui a fait conserver, dans certains corps de métiers, les anciennes dénominations; pourtant aucune personne, bien documentée sur cet état de choses, ne dira que le Système métrique est peu appliqué en France.

» Vous-mêmes, Messieurs, ne tirerez certainement pas cette conclusion du fait que vous allez voter tout à l'heure sur le maintien de la mesure du « carat » dans l'industrie de la bijouterie.

» Voici, d'ailleurs, ce que nous répondions à la Decimal Association qui nous avait consultés :

« Pour répondre à votre désir, je m'empresse de vous informer que la circulaire dont il s'agit vise uniquement l'emploi irrégulier d'anciennes dénominations figurant dans des catalogues et dont l'usage a été conservé par certaines industries ou certains commerces ne vendant pas au poids ou à la mesure, tels que la sellerie, la lampisterie, etc. »

» Permettez-moi, pour résumer ma pensée, d'avoir recours à une comparaison un peu familière : quand la récolte d'un jardin est belle, le premier soin d'un bon jardinier doit être d'en arracher les mauvaises herbes, et il ne peut être juste de conclure de ce qu'il arrache ces mauvaises herbes que la récolte de son jardin n'existe pas ! C'est pourtant une conclusion analogue qu'a inspirée le texte cité.

» Excusez-moi, Messieurs, d'avoir retenu si longtemps votre attention sur ce point. Mais, comme la haute autorité de l'honorable Président du Board of Trade confèrait à son discours une particulière importance, il a paru nécessaire à M. le Ministre du Commerce que le sens exact et la portée de la circulaire qu'il avait signée fussent bien nettement établis, et qu'une mesure prise en vue de l'application intégrale du Système métrique ne pût désormais servir d'arme pour le combattre. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Baudouin-Bugnet de son importante communication et le prie de bien vouloir transmettre, à M. le Ministre, l'expression des sentiments de gratitude de la Conférence.

M. ROUSSEAU fait ensuite l'exposé suivant :

« Parmi les mesures qui ont été prises en Belgique depuis la troisième Conférence générale, et qui sont de nature à y perfectionner l'emploi du Système métrique, on peut citer l'arrêté royal du 29 avril 1904 constitutif du Bureau central des Poids et Mesures.

» Aux termes de cet arrêté, le Bureau central des Poids et Mesures est chargé :

» 1° De l'exécution de la loi de 1855 sur les Poids et Mesures et de celle de 1903 sur les unités électriques en ce qui concerne la garde des étalons, la confection de leurs multiples et sous-multiples et la vérification périodique des étalons des vérificateurs;

» 2° De l'exécution de ces lois, ainsi que de celle du 30 juillet 1901, réglementant le mesurage du travail des ouvriers en ce qui concerne la vérification des instruments de mesure qui ne pourrait être effectuée par les soins des vérificateurs;

» 3° D'une façon générale, de l'essai et du contrôle de tous les instruments de précision pour autant que le permettent ses ressources en personnel et en instruments;

» 4° J'ajouterai que le personnel du Bureau est encore chargé de l'étude et du contrôle de tout le matériel du Service des Poids et Mesures, et des conférences de Métrologie données aux aspirants vérificateurs, lesquels doivent posséder un diplôme régulier d'ingénieur; il prend une part active dans l'élaboration des règlements et instructions administratives.

» Les vérifications prévues au 2° ci-dessus sont effectuées conformément à des règlements préalablement publiés et étudiés par la Commission consultative des Poids et Mesures ou par la Commission consultative d'électricité; ceux de ces règlements qui ont paru jusqu'à présent sont relatifs aux vases jaugés et gradués, aux thermomètres médicaux, aux poids et aux balances de précision, aux poids et aux balances de demi-précision.

» C'est tout ce qu'a permis l'installation incomplète du Bureau; dans un avenir probablement très prochain, on pourra élaborer et appliquer d'autres règlements pour la vérification des instruments de mesure électrique des thermomètres, des aréomètres, des manomètres, etc.

» A diverses reprises, le Bureau a effectué des études et étalonnages pour le

Ministère de la Guerre, pour le Ministère de l'Intérieur, pour de nombreux particuliers; par décision ministérielle, il a été chargé de prêter son concours aux opérations scientifiques de l'Aéro-Club, à la préparation, sous le rapport des instruments, de la deuxième expédition antarctique belge, à l'étude et au contrôle des instruments topographiques de l'administration des ponts et chaussées, etc.

» L'énumération des travaux effectués en vertu des attributions prévues aux 1^o, 3^o et 4^o ci-dessus serait trop longue pour pouvoir prendre place dans cette Note; je me bornerai à dire que ces travaux occupent la majeure partie du temps du personnel du Bureau. Quant aux instruments visés au 2^o ci-dessus, le Bureau a vérifié depuis sa fondation (trois ans et demi environ) :

- » 1100 vases jaugés et gradués;
- » 1200 thermomètres médicaux;
- » 800 poids de précision.

» Ce résultat peut être considéré comme satisfaisant, étant donnée l'organisation encore incomplète du Bureau, et eu égard à cette circonstance que toutes ces vérifications sont facultatives.

» On peut évaluer en nombres ronds à 300 000^{fr} les frais de premier établissement du Bureau qu'on pourra supposer en pleine activité en 1910. Cette somme se décompose comme suit :

- » 60 000^{fr} pour le matériel de l'ancien Bureau des étalons;
- » 50 000^{fr} d'instruments acquis depuis 1896 pour la Section de Physique;
- » 25 000^{fr} d'instruments acquis pour le Laboratoire d'Électricité;
- » 135 000^{fr} prévus pour le même laboratoire au budget de 1898;
- » 30 000^{fr} pour l'achèvement de la Section de Physique, qui seront fournis sur le poste de 8000^{fr} prévu annuellement au budget.

» Le personnel, au zèle et au dévouement duquel je suis heureux de rendre hommage, comprend, outre M. de Lannoy, chargé de la direction, deux assistants, MM. Clément et Renard, tous deux ingénieurs électriciens, le premier plus spécialement chargé de la Section d'Électricité, un mécanicien-ajusteur de précision, un garçon de bureau et une nettoyeuse. Quand la Section d'Électricité fonctionnera, il faudra en plus un mécanicien-monteur-électricien et probablement un garçon de laboratoire. »

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Mascart pour présenter le nouveau texte d'une déclaration à soumettre à la Conférence concernant le rapport du Mètre prototype aux longueurs d'ondes lumineuses, question qui avait été réservée dans la dernière séance.

M. MASCART expose que le Comité international a suivi avec le plus vif intérêt

les expériences anciennes de M. Michelson et les expériences récentes de MM. Benoît, Fabry et Perot, dont l'accord, après diverses corrections, paraît tout à fait remarquable.

Toutefois le Comité n'a pas jugé la question encore assez mûre pour demander à la Conférence un vote formel sur le chiffre qu'il conviendrait d'adopter. D'après les travaux mêmes de M. Michelson, la longueur d'onde moyenne d'une source dite *homogène* peut varier suivant diverses conditions de l'expérience, et peut être modifiée par d'autres causes d'une quantité qui serait supérieure au degré d'approximation $\frac{1}{10000000}$ nécessaire pour ces comparaisons.

Pour ces motifs, le Comité a exprimé son avis par le texte suivant :

« Le Comité international déclare attacher un intérêt capital à la poursuite de l'étude approfondie, de la part des savants compétents, de toutes les radiations permettant une définition très précise des longueurs d'ondes lumineuses, et de toutes les actions capables d'affecter ces dernières, afin que le Bureau international, mettant à profit les résultats de ces études, établisse autant que possible, par des comparaisons périodiques de ces longueurs d'ondes avec l'unité représentée par le Mètre prototype international, une série de relations assurant, dans le cours du temps, à l'unité de longueur du Système métrique, un repère fondamental dans un phénomène physique. »

D'accord avec MM. Foerster et Gill, M. MASCART propose à la Conférence d'adopter la résolution suivante :

« La Conférence s'associe au vœu émis par le Comité en vue d'obtenir, autant que possible, dans l'avenir, un contrôle rigoureux de la valeur du Mètre étalon par le phénomène physique des radiations lumineuses. »

M. le PRÉSIDENT met aux voix cette proposition, qui est adoptée à l'unanimité.

M. BAUDOIN-BUGNET demande à M. le Président la permission d'exprimer, au nom de M. le Ministre du Commerce, le vœu que les différents bureaux nationaux des Poids et Mesures fassent l'échange de leurs publications et des résultats de leurs travaux techniques. Le Bureau français serait heureux de faire cet échange, qui contribuerait à établir des rapports utiles au progrès du Système métrique.

M. FOERSTER se fera un plaisir de porter cette proposition au Comité international qui sera certainement, en ce qui le concerne, heureux d'en faciliter la réalisation.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Guillaume pour continuer le résumé de son Rapport.

M. GUILLAUME rappelle les propositions relatives à l'unification du Carat sur une base métrique, dont le Comité international s'est occupé dans sa dernière session. Le Carat est variable d'un pays à l'autre, et n'est nulle part dans un rapport simple avec les unités métriques.

L'unification, très désirée par les intéressés, pourrait être faite par l'adoption d'un Carat de 200^{mg}, très voisin des carats usuels, et auquel on donnerait le nom de *Carat métrique*. Un grand nombre d'associations, notamment en Allemagne, en Belgique et en France, se sont déclarées prêtes à accepter la réforme; et l'adhésion de l'Association des joailliers de Melbourne est, aujourd'hui même, parvenue au Bureau. La question semble donc prête à recevoir une solution.

M. VIOLLE donne lecture du projet de déclaration relative au Carat métrique, projet qui, du reste, a fait l'objet des délibérations du Comité international. Il est d'accord avec M. Mascart pour l'adoption de ce texte, tout en indiquant une légère modification de forme au dernier paragraphe. Avec cette modification, le projet serait conçu dans les termes suivants :

Considérant que le commerce des diamants, perles fines et pierres précieuses a conservé comme unité de masse le Carat, unité voisine de 200^{mg} mais variable d'un pays à l'autre, et qui n'est, en aucun pays, dans un rapport simple avec les unités métriques;

Considérant l'utilité que présenterait l'unification des mesures de masse dans le commerce des pierres précieuses;

Considérant qu'il est illégal, dans la plupart des pays civilisés, d'employer des unités de masse qui ne soient pas dans un rapport décimal simple avec les unités métriques fondamentales;

Mais considérant le désir exprimé par les intéressés de conserver la dénomination de *carat* tout en mettant la mesure de masse des pierres précieuses en accord avec le Système métrique;

La Conférence, approuvant la proposition du Comité international, déclare ne voir aucun inconvénient, pour l'intégrité du Système métrique, à ce que l'appellation *Carat métrique*, désignant la masse de 200^{mg}, soit adoptée pour le commerce des diamants, perles fines et pierres précieuses.

La Conférence recommande aux Hauts Gouvernements de vouloir bien faire adopter dans leurs pays respectifs le Carat métrique de 200^{mg}.

M. ROUSSEAU, en sa qualité de Président de la Commission consultative des Poids et Mesures de Belgique, appuie la proposition du Comité international, que M. Violle vient de présenter, avec la légère modification proposée par les Délégués de la France, et donne lecture de la lettre suivante qu'il avait déjà écrite à M. Guillaume, à la date du 27 juillet 1907 :

A Monsieur Guillaume, Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

« Comme suite au vœu que vous m'aviez exprimé, j'ai fait soumettre aux délibérations de la Commission consultative des Poids et Mesures votre proposition d'uniformiser la valeur du Carat à 200^{mg} et de rendre cette valeur légale, en l'introduisant dans la nomenclature des poids du Système métrique.

» La Commission, à l'unanimité, s'est déclarée favorable à cette proposition, et elle a examiné si la loi belge sur les poids et mesures permettait de prendre dès maintenant une disposition législative sanctionnant la valeur du Carat à 200^{mg} à l'exclusion de toute autre, pour le commerce des pierres précieuses.

» Elle a dû reconnaître que, la Belgique n'étant pas un pays producteur, il fallait tolérer l'existence du Carat d'origine pour le commerce en gros, et que, pour le commerce de détail, toute mesure d'interdiction serait sans sanction pratique.

» Elle m'a prié de vous communiquer les conclusions du Rapport qu'elle a adressé sur ce sujet à M. le Ministre de l'Industrie et du Travail :

« La Commission suit avec intérêt, et avec le plus vif désir de le voir aboutir, »
» le mouvement créé par le Comité international des Poids et Mesures en vue de »
» l'unification de la valeur du Carat. Elle regrette de ne disposer d'aucun moyen »
» d'action en Belgique pour seconder ce mouvement, mais elle est prête à pro- »
» poser au Gouvernement la législation du Carat métrique aussitôt que d'autres »
» pays, plus autorisés que la Belgique, se seront ralliés à cette réforme. »

M. L. GAUTHIER, Vice-Président de la Chambre syndicale des Négociants en diamants, perles, etc., donne connaissance d'une délibération prise par la Chambre syndicale dans les termes suivants :

« La Chambre syndicale émet le vœu que l'unification du poids du Carat soit réalisée par l'adoption d'un poids légal qui prendrait le nom de *Carat métrique* et qui équivaldrait à 200^{mg}. »

Cette délibération a été transmise au Bureau international des Poids et Mesures en date du 14 décembre 1905. La Chambre syndicale, en émettant le vœu ci-dessus, a entendu que ce nouvel étalon du Carat soit adopté par tous les pays et que cette mesure soit internationale, craignant qu'une réforme isolée créât des inconvénients pour des intéressés d'un pays qui l'aurait réalisée.

M. ROBIN, Vice-Président de la Chambre syndicale de la bijouterie, joaillerie, etc., appuie l'unification du Carat sur la base métrique et ne serait

même pas éloigné d'accepter, dans un avenir prochain, que le Carat soit remplacé par le décigramme, ce qui faciliterait encore davantage les calculs.

M. GUILLAUME, à propos de la remarque de M. Gauthier, dit que la diversité actuelle des valeurs du Carat rendrait avantageuse, même pour les pays isolés, l'adoption de la réforme avant qu'elle soit internationale.

M. BECQUEREL, tout en faisant observer que la Conférence ne peut que présenter une recommandation aux Hauts Gouvernements, est d'avis qu'une décision unanime prise par elle serait d'un grand poids pour le succès de la réforme. Il met aux voix la proposition, qui est adoptée à l'unanimité.

M. GUILLAUME termine son exposé en parlant :

1° De l'extension du Système international des filetages aux vis de petits diamètres ;

2° Du numérotage kilogrammétrique et du titrage métrique de la soie, adoptés aujourd'hui par le monde entier ;

3° Des grands progrès réalisés par le Système métrique dans l'horlogerie, particulièrement en Suisse, malgré l'absence dans la loi de toutes prescriptions pour les fabrications ;

4° Du système Fahrenheit des températures.

M. FOERSTER rappelle que le grand Rapport de M. Guillaume sur les progrès des Poids et Mesures est une œuvre destinée en grande partie à la propagande du Système métrique dans tous les pays ; le Comité est donc disposé à remettre à MM. les Délégués le nombre d'exemplaires qu'ils voudront bien demander en vue de cette propagande.

» M. Gautier présente et distribue à MM. les délégués à la quatrième Conférence générale : 1° le « Message du Conseil fédéral à l'Assemblée fédérale concernant une nouvelle loi fédérale sur les poids et mesures et la réorganisation du Bureau fédéral des Poids et Mesures (du 9 juin 1906) » ; 2° quelques exemplaires des « Décisions du Conseil national » relatives à ce projet de loi (du 6 juin 1907). Les délibérations du Conseil des États n'ont pas encore eu lieu, mais il est à prévoir que la loi sera discutée dans cette deuxième Chambre à la session de décembre. On peut donc envisager comme prochaine l'adoption de la loi par l'Assemblée fédérale, avec quelques amendements éventuels, pour l'année 1908 au plus tard. Cette loi ne modifie du reste aucune des bases de la loi du 3 juillet 1875, qui introduisait le Système métrique en Suisse. Elle se borne à quelques modifications et extensions reconnues nécessaires, et surtout elle prévoit la réorganisation fondamentale du Bureau fédéral des Poids et Mesures.

M. LARDY demande la permission, au moment où l'ordre du jour est épuisé, d'exprimer au nom de tous les délégués la gratitude de la Conférence à son éminent Président, M. Becquerel, pour la haute courtoisie, l'extrême bonne grâce et la haute compétence avec lesquelles il a dirigé ses travaux. Tous les délégués conserveront de leur Président un souvenir plein de déférente affection.

Quant à M. Blaserna, MM. les délégués ne lui seront pas moins reconnaissants d'avoir continué, pendant cette session, sa tâche de Secrétaire avec la si grande habileté et le profond dévouement dont il a déjà donné tant de preuves dans une fonction parfois délicate. Sur la proposition de M. Lardy, l'assemblée se lève pour témoigner de ses sentiments envers son Président et son Secrétaire.

M. BECQUEREL remercie profondément MM. Lardy et ses collègues des paroles de sympathie qui viennent de lui être adressées. Sa tâche lui a, du reste, été facilitée par le concours de M. Blaserna et puis aussi par le vif désir de répondre au vœu de la Convention du Mètre, qui a voulu la présidence des Conférences pour ainsi dire impersonnelle, en la confiant au Président en exercice de l'Académie des Sciences. En ajoutant un mot à la belle devise du Système métrique, il termine en disant : « Votre œuvre est destinée à tous les temps, à tous les peuples, par la Science. »

M. BLASERNA est vivement touché des paroles bienveillantes exprimées par M. Lardy et par M. le Président. De tous ces éloges il ne peut accepter que la constatation d'avoir toujours agi en parfait accord avec M. Foerster, avec le Comité et avec le Bureau international. Il a été toujours soutenu par la profonde conviction de ce complet accord.

Sur la demande de M. le Secrétaire, la Conférence autorise le Comité à approuver le Compte rendu de sa dernière séance.

M. le PRÉSIDENT, constatant que l'ordre du jour est épuisé, déclare close la session de la quatrième Conférence générale.

La séance est levée à 5^h30^m.

Pour l'approbation des Comptes rendus :

*Le Secrétaire de la
Conférence et du Comité,*

P. BLASERNA.

*Le Président de la
Conférence,*

H. BECQUEREL.

Le Président du Comité,

W. FOERSTER.



TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA QUATRIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES, RÉUNIE A PARIS EN 1907 :	
<i>Première séance, du 15 octobre 1907</i>	5- 20
Liste des délégués et des invités	5
Discours d'ouverture de Son Excellence M. Piehon, Ministre des Affaires étrangères de la République française	9
Réponse de M. Foerster, Président du Comité international des Poids et Mesures	11
Discours de M. Becquerel, Président de la Conférence	13
Discours de M. Lardy, Ministre plénipotentiaire de la Confédération suisse, au nom des délégués	16
Ordre du jour de la Conférence	19
 <i>Deuxième séance, du 17 octobre 1907</i>	 21- 31
Liste des délégués et invités présents	21
Établissement de la liste des votants et élection du Secrétaire de la Conférence	22
Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux ac- complis depuis la dernière Conférence	23
Rapport de M. le Secrétaire sur la modification des articles 6, 19 et 20 du Règlement annexé à la Convention	26
Texte des articles et vote	28
Renouvellement par moitié du Comité international	30
 <i>Troisième séance, du 19 octobre 1907</i>	 32- 74
Liste des délégués et invités présents	32
Communication faite au nom de S. Exc. M. le Ministre du Commerce de la République française	32
Rapport de M. le Directeur du Bureau sur les comparaisons des Kilogrammes et des Mètres prototypes nationaux; étude des thermomètres	33
Déclaration de la Conférence relative aux équations des Kilogrammes n ^{os} 22 et 31 et du Mètre n ^o 18	41
Décision relative aux comparaisons périodiques des Kilogrammes prototypes et des Mètres prototypes nationaux	42
Communication de M. Benoit sur la comparaison du Mètre aux longueurs d'ondes lumineuses	42
Communication de M. Guillaume sur le volume du Kilogramme d'eau	50
Communications de MM. Benoit et Guillaume sur l'étude des fils géodésiques ..	62
 <i>Quatrième séance, du 22 octobre 1907</i>	 75- 92
Liste des délégués et invités présents	75
Visite du ballon dirigeable <i>Patrie</i>	76

	Pages.
Lettre annonçant la réception, par M. le Président de la République, des délégués à la Conférence.....	76
Communication de M. Gautier sur la mesure de la base du Simplon.....	77
Exposé, par M. Guillaume, des progrès du Système métrique.....	81
Déterminations fondamentales.....	81
Modification des législations.....	82
Communication de M. Prytz sur la législation danoise.....	83
Déclaration de M. Baudouin-Bugnet, au nom de S. Exc. M. le Ministre du Commerce de la République française, relative à l'interprétation d'une circulaire issue de son Département.....	84
Communication de M. Rousseau sur un arrêté royal relatif aux Poids et Mesures en Belgique.....	86
Communication de M. Mascart sur les comparaisons futures du Mètre avec les longueurs d'ondes lumineuses, et décision de la Conférence.....	87
Communications relatives au Carat métrique et décisions de la Conférence.	89
Présentation, par M. Gautier, du nouveau projet de la loi fédérale sur les Poids et Mesures.....	91
Clôture de la Conférence.....	92