

**COMPTES RENDUS DES SÉANCES**  
DE LA  
**TROISIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE**  
**DES POIDS ET MESURES,**  
RÉUNIE A PARIS EN 1901.



# COMPTES RENDUS DES SÉANCES

DE LA

# TROISIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE A PARIS EN 1904.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1904





Pour la <i>Belgique</i> .....	M. ROUSSEAU, Président de la Commission des Poids et Mesures de la Belgique, Professeur à l'Université de Bruxelles.
le <i>Danemark</i> .....	M. K. PRYTZ, Professeur à l'École Polytechnique de Copenhague.
<i>l'Espagne</i> .....	M. le Marquis DE NOVALLAS, premier Secrétaire de l'Ambassade d'Espagne, à Paris. S. E. M. VICENTE-LOPEZ PUIGCERVER, Directeur de l'Institut géographique et statistique de Madrid. S. E. M. FRANCISCO DE P. ARRILLAGA, Membre du Comité international, Membre de l'Académie des Sciences de Madrid.
les <i>États-Unis de l'Amérique du Nord</i> .....	M. E.-W. MORLEY, Professeur au Collège Adelbert, à Cleveland (Ohio).
les <i>États-Unis du Mexique</i> .	M. GUSTAVO BAZ, Chargé d'affaires du Mexique, à Paris.
la <i>France</i> .....	M. A. CORNU, Membre de l'Académie des Sciences, Président du Bureau national des Poids et Mesures, Membre du Comité international. M. Michel LAGRAVE, Chef de la division du Personnel et de la Comptabilité au Ministère du Commerce, Membre du Bureau national des Poids et Mesures.
la <i>Grande-Bretagne et Irlande</i> .....	M. H.-J. CHANEY, Membre du Comité international, Surintendant du Standards Department, à Londres.
<i>l'Italie</i> .....	M. P. BLASERNA, Sénateur, Membre du Comité international, Professeur à l'Université de Rome.
le <i>Japon</i> .....	M. Munénori TAKANOSÉ, Chef du Bureau des Poids et Mesures au Ministère de l'Agriculture, à Tokyo.
le <i>Portugal</i> .....	S. E. le Comte de MACEDO, Membre du Comité international, Ministre plénipotentiaire du Portugal, à Madrid.

- Pour la *Roumanie*. . . . . M. Stefan-C. HEPITES, Membre du Comité international, Directeur du Service central des Poids et Mesures, à Bucarest.
- la *Russie*. . . . . S. E. M. D. MENDELEEFF, Conseiller privé, Membre du Comité international, Directeur de la Chambre centrale des Poids et Mesures, à Saint-Pétersbourg.  
M. N. EGOROFF, Conseiller d'État actuel, Directeur adjoint de la Chambre centrale des Poids et Mesures, à Saint-Pétersbourg.
- la *Suède*. . . . . M. le D<sup>r</sup> Klas-Bernhard HASSELBERG, Membre du Comité international, Membre de l'Académie des Sciences de Stockholm.
- la *Norvège*. . . . . M. Adam-Frederik-Olaf ARNDTSEN, Membre du Comité international, Directeur général des Poids et Mesures, à Christiania.
- la *Suisse*. . . . . M. Raoul GAUTIER, Professeur et Directeur de l'Observatoire de Genève.  
M. F. RIS, Directeur du Bureau fédéral des Poids et Mesures, à Berne.

## Assiste à la Conférence :

M. René BENOÎT, en sa qualité de Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.

## Assistent comme invités :

M. FAYE, Membre de l'Institut, Président de l'Association géodésique internationale.

*Les Membres du Bureau national des Poids et Mesures :*

- M. M. BERTHELOT, Membre de l'Institut, Sénateur.  
M. A. CARNOT, Membre de l'Institut.  
M. CHALLAMEL, Secrétaire du Bureau national.  
M. DELAHOGUETTE, Vérificateur en chef des Poids et Mesures.  
M. le Lieutenant-Colonel HARTMANN, Directeur des Ateliers de l'Artillerie, à Puteaux.  
M. G. SERVOIS, Directeur des Archives nationales.  
M. TROOST, Membre de l'Institut.

Assistent également comme invités :

M. BISCHOFFSHEIM, Membre de l'Institut.

MM. CHAPPUIS et GUILLAUME, du Bureau international des Poids et Mesures.

*Les Membres du Bureau du Comité permanent du Congrès international de 1900  
pour l'unification du numérotage des fils textiles :*

M. Émile WIDMER, Président d'honneur.

M. F. ROY, Président.

M. D. CHEDVILLE, Vice-Président.

M. Paul FLEURY, Secrétaire général.

Son Excellence M. DELCASSÉ, Ministre des Affaires étrangères de France, a bien voulu inviter la Conférence à se réunir à l'Hôtel de son Ministère pour la séance d'inauguration.

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

« MESSIEURS,

» Je suis heureux de l'honneur qui me revient de vous saluer au nom du Gouvernement de la République et de vous adresser ses souhaits de cordiale bienvenue.

» Comme les deux précédentes, je suis convaincu que cette troisième session se signalera par des mesures nouvelles pour la propagation et le perfectionnement du Système métrique, et par la constatation de nouvelles déterminations métrologiques fondamentales.

» Les résultats que vous obtenez, les progrès que vous enregistrez et auxquels vous donnez la consécration de votre haute autorité, sont de ceux auxquels tout le monde peut applaudir avec une égale sincérité, parce que tout le monde en profite également et qu'ils ne coûtent rien à personne.

» En y applaudissant comme tout le monde, la France ne veut pas oublier toutefois que c'est elle qui a pris l'initiative de la réunion de cette Conférence, de même que c'est elle qui a jeté les premières bases du Système métrique décimal, auquel vous assurez chaque jour un si fécond développement.

» Et, comme Ministre des Affaires étrangères, il ne me déplaît pas de voir, dans l'application de plus en plus étendue des progrès que vous favorisez, la formation de liens nouveaux entre les nations.

» Avant d'ouvrir vos travaux, je tiens à exprimer combien nous avons été sensibles à la perte du Secrétaire du Comité international, M. le Dr Hirsch, Directeur de l'Observatoire de Neuchâtel, un des savants les plus éminents de

la Suisse, et qui, dès le début, a donné à votre Institution, dont il a fixé les travaux en vingt-deux Volumes de *Procès-verbaux*, le concours de ses vastes connaissances et de son absolu dévouement.

» Je suis sûr d'être votre interprète en payant à sa mémoire le tribut de nos regrets et de notre gratitude. »

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

« MONSIEUR LE MINISTRE,

» Au nom des Délégués des Gouvernements signataires de la Convention du Mètre et en ma qualité de Président du Comité international, qui, par cette Convention, est appelé à convoquer les Conférences générales des Poids et Mesures, je prends la parole pour vous exprimer, Monsieur le Ministre, toute notre reconnaissance pour l'accueil si bienveillant que vous faites à la réunion de la troisième Conférence générale des Poids et Mesures.

» Dans les six années écoulées depuis notre deuxième Conférence, la France a de nouveau, et dans un degré croissant, rendu de grands services au développement de notre Institution internationale.

» Non seulement tout a été fait, de la part du Gouvernement français, dans un esprit de haute sympathie, pour nous aider dans l'administration de cette Institution, mais la science, la technique de précision et même l'industrie françaises ont vigoureusement contribué aux succès des travaux du Bureau international des Poids et Mesures. En évitant de nommer des personnes, j'éprouve cependant un profond besoin de dire aujourd'hui que ce sont des organes scientifiques et techniques de l'armée française qui, dans les dernières années, ont le plus sagement et le plus amicalement coopéré au progrès de quelques recherches importantes de notre personnel scientifique, recherches qui promettent de devenir très fécondes pour tous les pays.

» Conformément à ses attributions, la Conférence devra, dans le cours de ses délibérations, s'occuper aussi du progrès des législations des différents pays concernant les bases légales de l'emploi des poids et mesures, et de l'homogénéité des définitions des unités fondamentales. En effet, la concordance aussi exacte que possible de ces bases n'est pas seulement d'une grande valeur scientifique, mais aussi d'une importance de plus en plus considérable dans les transactions économiques.

» Nous sommes donc heureux que la légalisation formelle et définitive des prototypes internationaux, sanctionnés au nom de la communauté des nations civilisées par les résolutions de la première Conférence en 1889, doive être très

prochainement, comme vous venez, Monsieur le Ministre, de le communiquer au Comité international, accomplie aussi en France par les pouvoirs législatifs. Nous avons compris avec sympathie que, pour la France, l'adoption pleine et entière des nouvelles bases du Système métrique, pour la création desquelles sa collaboration avait été si décisive et si précieuse, n'était pas aussi facile que dans les autres pays, à cause de la vénération profonde que l'âme nationale continue à vouer aux prototypes historiques des Archives. La légalisation dont je parle sera, d'autant plus, un véritable couronnement de l'œuvre commune de l'unification des poids et mesures pour la terre entière.

» Avant de passer à un bref résumé des travaux du Bureau international depuis la dernière Conférence, vous me permettrez, Monsieur le Ministre, de consacrer, aussi de notre part, quelques paroles à la mémoire du regretté Secrétaire du Comité international, M. Hirsch, décédé le 16 avril de cette année. Dans la première Conférence qui suit la mort de M. Hirsch, nous devons rappeler, avec une profonde gratitude, les services tout à fait exceptionnels qu'il a rendus à notre organisation internationale, soit au sein du Comité, soit dans les deux premières Conférences générales, soit déjà dans presque toutes les phases préparatoires et initiales de cette organisation.

» Quant aux travaux accomplis par le Bureau international et quant à la phase actuelle du développement de nos institutions métrologiques internationales, je me borne à dire ceci : notre première Conférence générale, en 1889, avait eu à sanctionner le travail fondamental de la confection et de la vérification des nouveaux prototypes et des thermomètres étalons destinés à les accompagner. Pour la confection des prototypes, le Bureau international avait eu la coopération très efficace de la Section française de l'ancienne Commission internationale du Mètre, notamment de Henri Sainte-Claire Deville, de H. Tresca et de M. G. Tresca, son fils. Au Bureau international seul avait incombé la tâche de créer et de vérifier les thermomètres étalons. C'est par ces travaux thermométriques du Bureau que la thermométrie de précision, dont la réforme à cette époque était préparée et commencée à Saint-Petersbourg, à Berlin et à Iéna, a reçu une nouvelle base métrologique et un nouvel élan expérimental. Le thermomètre à mercure à enveloppe de verre fut mis en ordre, et l'échelle internationale du thermomètre à hydrogène fut créée à la pleine satisfaction de tous les hommes compétents.

» La deuxième Conférence, en 1895, avait principalement à sanctionner deux groupes de travaux métrologiques : d'une part, les résultats d'une série de comparaisons des nouveaux prototypes du mètre avec les étalons fondamentaux des mesures *non métriques* employées dans les différents pays et dans les sciences ;

d'autre part, les résultats d'une comparaison entre l'unité métrique et la longueur d'une série d'ondes lumineuses. Le premier groupe devait servir à relier, dans l'intérêt de la continuité scientifique et sociale, l'état actuel de la métrologie *au passé*; le second groupe était destiné à assurer l'*avenir* des bases du Système métrique, dans le sens que je me suis permis de préciser dans mon discours à la séance d'inauguration de la Conférence de 1895.

» Cette Conférence avait en même temps à décider, d'après le n° 3 de l'art. 6 de la Convention, l'époque du commencement des comparaisons périodiques des prototypes nationaux avec les prototypes internationaux et avec leurs témoins, ainsi que de celles des thermomètres étalons, et la marche générale à adopter pour ces opérations.

» La troisième Conférence, actuellement réunie, aura d'abord à entendre le Rapport sur le commencement et les premiers résultats, très rassurants, de ces comparaisons. Mais sa tâche la plus importante sera de prendre acte des nouvelles déterminations métrologiques accomplies depuis la Conférence précédente, c'est-à-dire des applications métrologiques des relations fondamentales, acquises au Bureau international, entre l'unité linéaire et les longueurs d'ondes lumineuses; puis des nouvelles déterminations thermométriques à l'aide de la résistance électrique du platine; enfin, des applications métrologiques des alliages d'acier-nickel étudiés avec tant de succès au Bureau international.

» Les procédés ingénieux utilisant, pour la métrologie, la régularité mathématique presque parfaite des mouvements lumineux de l'éther ont permis de créer directement — on pourrait dire avec l'aide de la nature elle-même — des étalons des unités micrométriques, c'est-à-dire du millimètre et du centimètre, qui autrefois pouvaient être dérivés du mètre seulement par des procédés d'éta-lonnage très longs et soumis à de fortes accumulations d'erreurs inévitables. Tous les pays se sont empressés de profiter de ces nouvelles déterminations des étalons micrométriques, mises à leur disposition dans la forme de règles divisées, fabriquées en acier-nickel peu dilatable et avec une grande perfection du tracé, par les soins du Bureau international. On a salué ces déterminations fondamentales de prototypes micrométriques avec d'autant plus de satisfaction que le millimètre est devenu à présent une unité fondamentale aussi importante pour la physique moléculaire que le mètre et le kilomètre le sont devenus pour les mesures macrocosmiques.

» Qu'il me soit encore permis, avant de terminer, de dire quelques mots des études sur les dilatations des alliages métalliques exécutées au Bureau international, dans l'intérêt immédiat de la création d'étalons pour la pratique technique et industrielle de haute précision. L'introduction des alliages très peu dilatables d'acier et nickel dans la haute Géodésie promet d'assurer et de faciliter singulièrement les grandes opérations qui sont encore à exécuter dans

l'intérêt de l'étude approfondie des dimensions et de la figure de la terre. En même temps, la chronométrie a tiré des avantages considérables des mêmes progrès dans notre connaissance des propriétés des métaux.

» Votre Excellence appréciera, malgré l'insuffisance de mes paroles, l'utilité et aussi la valeur, pour ainsi dire, idéale de tous ces travaux, et nous sommes sûrs que le Gouvernement du pays qui donne le domicile et l'hospitalité à notre Institution internationale continuera, dans l'esprit élevé du passé et du présent, à favoriser le fonctionnement et le développement de cette partie de l'organisation de la communauté des nations. »

M. BOUQUET DE LA GRYE, Président de la Conférence, prononce le discours suivant :

« MONSIEUR LE MINISTRE, MESSIEURS,

» Je dois à l'état de santé du Président de l'Académie des Sciences et à son éloignement de Paris le très grand honneur de présider la troisième Conférence des Poids et Mesures.

» Au nom de l'Académie, je vous souhaite, à mon tour, la bienvenue et je puis affirmer qu'elle suit vos travaux avec une grande sollicitude. L'Institution que vous représentez avec tant d'autorité a eu, du premier jour, son appui; elle est née pour ainsi dire dans son sein et elle y a délégué ses savants les plus autorisés.

» Le problème de l'unification des mesures, désiré, ébauché à plusieurs époques, ne pouvait être réalisé pratiquement que dans le XIX<sup>e</sup> siècle, qu'on doit appeler le *siècle de la précision*, tellement se sont accrues les limites de ce que l'on pouvait mesurer ou peser.

» Il me souvient des critiques faites au milieu du dernier siècle, au sujet de la minutie qu'apportait Regnault dans ses travaux. Votre Bureau a poussé cette exactitude plus loin encore, et, parallèlement aux recherches des infiniment petits en physiologie, il a montré que l'on pouvait subdiviser le micron et fractionner le milligramme.

» Ces travaux ont décelé dans les métaux des influences qu'on ignorait et ainsi agrandi le domaine de la science.

» Dans une autre voie, votre Comité a relié la grandeur de l'étalon que vous avez adopté, non plus à celle de la terre, mais à la longueur d'une onde lumineuse, et cela avec une approximation inespérée, si bien qu'on a pu dire qu'un seul nombre indiquant ce rapport gravé sur une pierre suffirait, après un nouveau déluge, pour indiquer l'unité des mesures adoptées par des nations disparues.

» Mais ce nombre, ce rapport, n'est pas le seul que l'on puisse donner en concordance avec le Mètre légal. Les recherches des physiciens ont aujourd'hui une telle précision qu'ils nous fourniront, avec une exactitude comparable, par exemple la longueur des ondes sonores, comme ils l'ont fait antérieurement pour le pendule, tous chiffres s'ajoutant au beau résultat obtenu par M. Michelson.

» Lors de la dernière Conférence, vous avez indiqué au Bureau international les travaux qu'il devait accomplir; un beau Volume, publié récemment, indique les résultats obtenus dans ce sens, en y ajoutant ceux si intéressants, qui sont personnels à un des savants du Bureau, sur les propriétés de l'alliage de l'acier et du nickel.

» L'ordre du jour des prochaines séances va permettre d'étudier ces différentes questions, de prendre des décisions ou de formuler des vœux.

» Messieurs, vous avez créé une science nouvelle; elle a un nom, la *métrologie*; elle est internationale, comme toutes les sciences; mais, plus que d'autres, elle a des résultats immédiatement tangibles, qui, facilitant les relations des peuples, contribuent directement au bien-être de l'humanité.

» Messieurs, je ne saurais terminer sans envoyer un souvenir ému à deux de nos confrères : M. Bertrand figurait avec honneur parmi les membres de votre Comité; M. Fizeau, que vous aviez invité à la dernière Conférence, a disparu avant M. Bertrand; mais son œuvre lui survit, et elle fait partie des moyens employés par votre Bureau pour arriver à d'extrêmes précisions. »

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 :

La deuxième, le mercredi 16 octobre,

La troisième, le vendredi 18 octobre,

La quatrième, le mardi 22 octobre,

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

Il fait mettre sous les yeux de MM. les Délégués l'ordre du jour, qui a été préparé par le Comité pour l'ensemble des séances :

## ORDRE DU JOUR DES SÉANCES

DE LA

## TROISIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES.

## PREMIÈRE SÉANCE.

LE MARDI 15 OCTOBRE 1901, A 2 HEURES,

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

Discours de M. le Ministre.

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

Discours d'ouverture de M. le Vice-Président de l'Académie des Sciences,  
M. Bouquet de la Grye, Président de la Conférence.

## DEUXIÈME SÉANCE.

LE MERCREDI 16 OCTOBRE 1901, 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 accreditant les Délégués.
2. Nomination du Secrétaire de la Conférence.
3. Établissement de la liste des États faisant partie de 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. Décision concernant la continuation des vérifications périodiques des Prototypes nationaux.
6. Nouvelles déterminations métrologiques fondamentales exécutées depuis la dernière réunion, présentées à l'approbation de la Conférence.
7. Déclaration de la Conférence concernant la distinction entre le décimètre cube et le litre.
8. Présentation du Règlement, complété et modifié, du Bureau international pour les vérifications qui lui sont demandées, d'après le n° 6 de l'art. 6 de la Convention du Mètre.
9. Communication du Comité sur une modification de l'organisation du personnel scientifique du Bureau.
10. Ratification de la fondation de la Caisse de secours et de retraites pour le personnel du Bureau international et d'un fonds de réserve.

TROISIÈME SÉANCE.

LE VENDREDI 18 OCTOBRE 1901, A 2 HEURES ET DEMIE,

au Pavillon de Breteuil.

1. Renouvellement par moitié du Comité.
2. Projet de revenir au budget de 100000<sup>fr</sup> pour le Service international des Poids et Mesures.
3. État de la législation concernant les Prototypes internationaux dans les différents pays qui ont adhéré à la Convention du Mètre.
4. Déclaration de la Conférence générale concernant l'unité de masse et l'unité de poids.
5. Visite du dépôt des Prototypes.

---

QUATRIÈME SÉANCE.

LE MARDI 22 OCTOBRE 1901, A 2 HEURES ET DEMIE,

au Pavillon de Breteuil.

1. Discussion sur les mesures à provoquer pour la propagation ultérieure et le perfectionnement du Système métrique.
2. Propositions éventuelles de MM. les Délégués ou Membres du Comité.

M. le MINISTRE 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 MERCREDI 16 OCTOBRE 1901.

Présidence de M. BOUQUET DE LA GRYE, Vice-Président de l'Académie des Sciences.

Sont présents :

A. *Les Délégués* : MM. ARNDTSEN, d'ARRILLAGA, BLASERNA, DE BODOLA, BAZ, CHANEY, CORNU, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, HASSELBERG, HEPITES, LAGRAVE, VON LANG, PUYG-CERVER, DE MACEDO, MAREK, MENDELEEFF, MORLEY, PRYTZ, RIS, ROUSSEAU, SIEGEL, TAKANOSÉ ;

B. *Le Directeur du Bureau international* : M. BENOÏT ;

C. *Les invités* : MM. CHAPPUIS, DELAHOGUETTE, GUILLAUME et le Lieutenant-Colonel HARTMANN.

La séance est ouverte à 2<sup>h</sup>30<sup>m</sup>.

M. le PRÉSIDENT annonce que M. de Novallas, Délégué d'Espagne, prie la Conférence de bien vouloir l'excuser de ne pouvoir assister à la séance.

Il fait remarquer qu'il a prié le Secrétaire *par intérim* du Comité, M. BLASERNA, de prendre temporairement place au bureau, et lui donne la parole pour la présentation des titres accréditant MM. les Délégués.

M. BLASERNA déclare que le Comité a examiné avec soin les documents officiels émanant des Gouvernements et portant la désignation de leurs Délégués. Il dépose sur le bureau ces différents titres, d'où il résulte que tous les Délégués présents sont régulièrement accrédités. Deux États seulement, la Confédération Argentine et le Pérou, ne se sont pas fait, jusqu'ici, représenter.

Il rappelle ensuite que le Règlement de la Convention du Mètre porte à l'article 7 :

« Les votes, au sein de la Conférence générale, ont lieu par États ; 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 vouloir bien indiquer celui d'entre eux chargé de voter pour son État. Il en résulte les désignations suivantes :

- Pour l'*Allemagne*, M. R. SIEGEL.
- Pour l'*Autriche*, M. VON LANG.
- Pour la *Hongrie*, M. DE BODOLA.
- Pour la *Belgique*, M. ROUSSEAU.
- Pour le *Danemark*, M. PRYTZ.
- Pour l'*Espagne*, M. D'ARRILLAGA.
- Pour les *États-Unis de l'Amérique du Nord*, M. MORLEY.
- Pour les *États-Unis du Mexique*, M. BAZ.
- Pour la *France*, M. CORNU.
- Pour la *Grande-Bretagne*, M. CHANEY.
- Pour l'*Italie*, M. BLASERNA.
- Pour le *Japon*, M. TAKANOSÉ.
- Pour le *Portugal*, M. DE MACEDO.
- Pour la *Roumanie*, M. HEPITES.
- Pour la *Russie*, M. MENDELEEFF.
- Pour la *Serbie*, M. MARKOVITCH.
- Pour la *Suède*, M. HASSELBERG.
- Pour la *Norvège*, M. ARNDTSEN.
- Pour la *Suisse*, M. RIS.

M. le PRÉSIDENT déclare que dix-neuf États sont ainsi régulièrement représentés à la Conférence, d'où il résulte que la majorité absolue est de dix voix.

M. le PRÉSIDENT prie ensuite la Conférence de bien vouloir procéder à la nomination de son Secrétaire, et propose de confirmer M. BLASERNA dans les fonctions qu'il occupait provisoirement.

M. BLASERNA est élu à l'unanimité moins une voix. Il remercie la Conférence du témoignage de confiance qu'elle vient de lui donner.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. FOERSTER, président du Comité interna-

tional des Poids et Mesures, pour présenter 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 sur les travaux accomplis depuis l'époque de la dernière Conférence.

« D'après l'article 7 du Règlement de la Convention, la Conférence générale reçoit le Rapport du Comité international sur les travaux accomplis depuis sa dernière session. D'après l'article 19 du Règlement, c'est au Président du Comité qu'il incombe de présenter ce Rapport.

» Quant à la forme et à l'étendue de ce Rapport, la tradition ne s'est pas encore bien fixée. Dans la Conférence de 1889, le rapport du Président du Comité devait embrasser plus de douze années et porter devant les yeux de MM. les Délégués un tableau du développement du Bureau international, en le prenant dès son origine, combiné avec une exposition, au moins sommaire, de la marche des grands travaux qui avaient été nécessaires pour l'établissement et la vérification des nouveaux prototypes.

» Dans la Conférence de 1895, la prescription du Règlement de la Convention, concernant le Rapport du Comité, est presque tombée en désuétude. Le Président en avait confié la rédaction et la lecture au Secrétaire du Comité, et celui-ci avait dû se contenter de reproduire essentiellement le dernier Rapport du directeur du Bureau international et de le combiner avec son propre Rapport annuel en ajoutant, toutefois, quelques communications et commentaires qui se rapprochaient du caractère des communications apparemment voulu par la Convention.

» Il n'y a qu'une excuse au procédé que, dans ce cas et d'accord avec M. Hirsch, j'ai suivi; c'était l'extrême fardeau de travail qui à cette époque pesait sur nous deux. En 1895, la Convention de l'Association géodésique internationale, conclue en 1886 pour dix années, était soumise à un renouvellement, combiné avec une augmentation considérable de ses attributions. Comme Président de la Conférence générale géodésique réunie pour ce but dans l'automne de 1895 à Berlin, et dont M. Hirsch était aussi le Secrétaire, j'étais, en commun avec lui, hors d'état de remplir dans cette année tous mes devoirs internationaux.

» Il est, d'autant plus, nécessaire que dans notre Conférence actuelle la prescription du Règlement de la Convention du Mètre soit respectée, du moins dans la forme, et suivie aussi strictement que possible, ce qui est justifié par la nature de la situation entière.

» Un Rapport du Président du Comité ne doit pas se substituer aux commu-

nications pleinement compétentes du Directeur et des Membres du Bureau international. Ces communications sont contenues dans les Rapports présentés par M. le Directeur à chacune des sessions, au moins bisannuelles, du Comité, et ces Rapports sont publiés dans les Procès-verbaux du Comité. Ils embrassent les travaux accomplis jusqu'à l'automne de l'année dernière, de sorte qu'il y faudrait seulement ajouter le Rapport présenté par M. Benoit, dans la session actuelle du Comité, pour connaître complètement l'état des travaux accomplis jusqu'à l'époque présente. Ce dernier Rapport, lu dans la séance du Comité qui a eu lieu le 9 octobre, est déjà imprimé en épreuves, et est à la disposition de MM. les Délégués. Mais on ne peut demander à MM. les Délégués que, pour se former une opinion sur l'état des travaux du Bureau international et leurs résultats, ils aient à consulter tous les Procès-verbaux et Rapports publiés depuis la dernière Conférence.

» Il est vrai qu'il y a encore un autre genre de Rapports prescrit par le Règlement de la Convention dans l'article 19, et il convient d'en parler à cette occasion pour fixer les usages. Ce sont les Rapports annuels qui doivent être présentés par le Comité à tous les Gouvernements des Hautes Parties contractantes, sur l'ensemble de ses opérations scientifiques, techniques et administratives et de celles du Bureau. Seize Rapports annuels de cette espèce, très complets, ont été présentés aux Gouvernements par le Secrétaire du Comité; mais à partir de l'époque où, après la distribution des prototypes, les sessions du Comité, conformément à l'article 11 du Règlement de la Convention, sont devenues bisannuelles, le Comité s'est cru autorisé à modifier le régime entier des Rapports, dans ce sens qu'il présente chaque année un *Rapport spécial financier* aux Hauts Gouvernements, et que les communications sur les opérations scientifiques et techniques sont toujours contenues dans l'ensemble des Rapports du Secrétaire du Comité et du Directeur du Bureau, lesquels sont présentés dans chacune des réunions généralement bisannuelles du Comité, et sont ensuite presque immédiatement publiés et portés à la connaissance des Gouvernements. Le Comité peut croire que ce procédé, d'ailleurs plus économique qu'auparavant, n'a d'aucun côté trouvé des objections.

» En tout cas, j'y reviens : MM. les Délégués ont le droit de demander que toutes les informations nécessaires pour leurs votes, et pour se former des opinions sur l'ensemble de l'activité du Service international des Poids et Mesures, leur soient présentées pendant la Conférence dans une forme aussi accessible et lucide que possible.

» Quant aux questions scientifiques et techniques, il sera fait, comme dans les Conférences précédentes, de telle sorte que M. le Directeur du Bureau ou, d'après sa décision, ses collaborateurs particulièrement compétents dans tel

ou tel groupe de travaux, présenteront sur chaque sujet de brèves communications, comme bases des informations et des décisions de la Conférence.

» Quant aux grandes lignes de l'ensemble des travaux du Bureau, accomplis jusqu'à l'époque actuelle, je suis heureux de pouvoir présenter à la Conférence, au nom de l'auteur et au nom du Comité, une publication qui remplit à cet égard tous les besoins d'une information en même temps sommaire et sérieuse, beaucoup mieux qu'aucune allocution présidentielle ne pourrait jamais le faire. Je l'avais approuvée, avec une vive gratitude, lorsque M. le docteur Guillaume, au commencement de cette année, me communiqua son intention de publier un résumé historique et scientifique sur la Convention du Mètre et le Bureau international des Poids et Mesures.

» Cette œuvre, à quelques égards vraiment classique, est sous vos yeux, dans une très belle édition, pour laquelle nous devons nos remerciements sincères à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale à Paris. Dans les différents Chapitres, vous trouverez, lucidement disposées et exposées, toutes les informations désirables sur les travaux accomplis par le Bureau international jusqu'à l'époque actuelle.

» Pour le Président du Comité, il reste aujourd'hui seulement à ajouter quelques remarques générales sur le développement et l'avenir de notre Institution internationale.

» Il s'est produit dès son origine et il s'est répété encore récemment des craintes que le Bureau international puisse, par une extension trop vaste de ses recherches scientifiques et par l'augmentation correspondante de ses ressources financières, dépasser les limites d'une position saine et solide, à la tête des institutions nationales de Poids et Mesures d'une part, et, d'autre part, parmi les grands Instituts nationaux de Physique et de Chimie. Certainement il y a là un danger pour toute organisation internationale, et principalement dans un temps où, simultanément avec les idées de la solidarité humaine, les sentiments nationaux se sont développés si puissamment. On a dit, dans quelques pays, que les travaux du Bureau international devraient être restreints essentiellement aux comparaisons périodiques des prototypes, et que la Convention, au fond, ne lui demandait pas plus.

» Je me dispense, Messieurs, de combattre explicitement un tel nihilisme. La restriction contenue dans cette interprétation de la Convention n'est aucunement justifiée; car la Convention demande beaucoup plus du Bureau international, et lui ouvre déjà elle-même un vaste horizon de travaux scientifiques fondamentaux, par l'addition des études nécessaires pour la confection et les vérifications de ce qu'on a appelé les témoins des prototypes, par l'adjonction des recherches sur les thermomètres étalons destinés à accompagner

les prototypes, en élargissant ainsi d'une manière décisive les bases scientifiques à étudier dans l'intérêt de la conservation des unités métriques dans l'avenir.

» D'ailleurs, le Règlement de la Convention dit expressément, dans l'article 9, que le Comité aura à diriger tous les travaux métrologiques que les Hautes Parties contractantes décideront de faire exécuter en commun, c'est-à-dire par le Bureau international. Or les Hautes Parties contractantes ont déjà, par deux Conférences générales qui sont leurs organes à cet égard, décidé que le travail de comparaison du Mètre aux longueurs des ondes lumineuses, la haute thermométrie, ensuite l'étude de la relation du litre au décimètre cube, et l'étude métrologique des alliages et des dilatations appartiennent à ceux qu'on veut faire exécuter en commun par le Bureau international.

» En particulier, le rattachement de l'unité linéaire, d'une part, aux ondes lumineuses et, d'autre part, au volume de la masse d'eau égale à la masse du kilogramme, a été sans hésitation reconnu comme une réalisation de témoins, pour ainsi dire naturels, contribuant à contrôler la constance des unités conventionnelles.

» Certainement, dans le développement de tous ces travaux, le Bureau international sera de plus en plus obligé d'accepter et de rechercher la collaboration des grandes institutions scientifiques et techniques nationales qui existent déjà ou sont en voie d'être fondées, ainsi que la collaboration de physiciens ou d'ingénieurs particulièrement compétents et distingués dans certains groupes d'études, comme il a été fait avec M. Michelson. Mais toujours il sera dans l'intérêt de la communauté d'assurer aussi au Bureau international lui-même un très haut degré de compétence dans les recherches physiques fondamentales, en le dotant des installations nécessaires et d'un personnel de qualité scientifique élevée, afin qu'il puisse exercer, d'une manière éclairée et satisfaisante pour tous, ses fonctions pour ainsi dire centrales, et quelquefois formellement médiatrices, entre les différentes déterminations exécutées par les institutions disséminées dans les différents pays.

» Sans doute, dans l'intérêt d'une telle position du Bureau, il sera non seulement utile, mais de plus en plus nécessaire, de ne pas laisser croître ses attributions et son personnel au delà de certaines limites; car l'expérience démontre que l'intensité et la valeur spécifique du travail scientifique d'une institution diminuent, en général, si ses attributions et le nombre de son personnel dépassent certaines limites.

» Vous serez d'accord avec moi, Messieurs, pour reconnaître que ces limites ne sont pas encore atteintes dans notre Institution, et que l'intensité et la valeur de son travail sont toujours allées en croissant, grâce au zèle infatigable de MM. Benoît, Chappuis et Guillaume. »

La lecture de ce Rapport est accueillie par des applaudissements unanimes, et, aucun Délégué ne demandant à présenter des observations, M. le Président en met aux voix l'approbation, qui est prononcée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. BENOÎT, Directeur du Bureau international, pour présenter son Rapport sur la continuation des vérifications périodiques des prototypes nationaux.

M. BENOÎT s'exprime dans les termes suivants :

« La vérification périodique des prototypes nationaux est l'une des tâches essentielles qui ont été dévolues par la Convention du Mètre à notre établissement, et constitue l'une des raisons qui justifient la continuité de son existence. En effet, quelques soins, quelques précautions que l'on ait pris dans la confection de ces prototypes, quelques garanties que l'on se soit assurées par le choix de la matière et les épreuves auxquelles celle-ci a été soumise par avance, quelque confiance que puissent déjà nous inspirer les résultats actuellement acquis dans une première période assez longue, il est évident que l'on ne saurait affirmer l'invariabilité absolue de ces étalons pour un avenir indéfini. Deux causes, en effet, peuvent agir sur eux. La première consiste dans les modifications spontanées et lentes qui se produisent dans la matière avec le temps. Nous savons, en effet, que la matière, même celle qui nous paraît au premier abord la plus inerte et la plus morte, est en réalité le siège d'une activité intérieure incessante, qui peut se traduire à la longue par des modifications sensibles dans sa forme. La seconde cause consiste dans les accidents imprévus, l'usure, etc.

» La première de ces deux causes paraît plus à craindre que l'autre pour les étalons de longueur, qui n'ont aucune chance d'être modifiés, dans leur caractéristique essentielle, par les procédés, purement optiques, mis en œuvre dans leur emploi. La seconde est plus à redouter pour les prototypes du kilogramme, que les manipulations auxquelles obligent les pesées exposent facilement à être rayés, usés par des frottements et altérés dans leur masse.

» Déjà, lors de la précédente Conférence, le Comité, en ayant égard aux considérations qui précèdent, avait proposé d'inaugurer dans un avenir prochain la vérification périodique des prototypes, en commençant par les kilogrammes, et en y ajoutant aussi les thermomètres-étalons livrés en même temps que les prototypes, et pour lesquels il était intéressant de constater l'effet qu'avait pu produire un vieillissement d'une quinzaine d'années.

» Ces décisions ont reçu, depuis la dernière Conférence, un commencement d'exécution. A la suite d'une invitation adressée par le Comité aux Gouvernements intéressés, quelques-uns de ceux-ci ont déjà envoyé au Bureau interna-

tional un certain nombre de kilogrammes qui ont été l'objet d'une nouvelle vérification. Ces kilogrammes étaient ceux de l'Allemagne (1), de la Belgique (2), de l'Italie (1), de la Suède (1), de la Norvège (1), de la Roumanie (1), de la Suisse (1). Ils ont été réunis aux deux kilogrammes prototypes du Bureau international, et comparés entre eux et avec ceux-ci, dans un certain nombre de combinaisons, formant des *séries fermées* et fournissant des contrôles réciproques. Je reproduirai, sommairement, les résultats qu'ont donnés ces comparaisons.

» En admettant que les deux kilogrammes prototypes appartenant au Bureau international soient demeurés invariables depuis les premières déterminations, les différences entre les valeurs des autres kilogrammes fournies par ces nouvelles mesures et les valeurs anciennes inscrites aux certificats délivrés en 1889 ont été trouvées les suivantes :

Kilogrammes n° 2 (Roumanie.).....	+0,001 <sup>mg</sup>
» 5 (Italie).....	+0,020
» 22 (Allemagne).....	-0,016
» 28 (Belgique).....	-0,013
» 36 (Norvège).....	+0,013
» 37 (Belgique).....	+0,027
» 38 (Suisse).....	+0,021
» 40 (Suède).....	+0,007

» Ces écarts sont, comme on le voit, peu considérables; pour aucun des kilogrammes ils n'atteignent, à beaucoup près, les limites de  $\pm 0^{\text{mg}},05$  qui avaient été adoptées, après discussion, par le Comité, comme étant celles au delà desquelles nous nous considérerions comme autorisés à admettre qu'il s'est produit des variations réelles, et qui obligeraient à une nouvelle détermination plus complète. Il est certain qu'elles ne dépassent pas sensiblement les incertitudes inévitables de ces opérations. Les kilogrammes examinés se sont donc trouvés tous remplir les conditions prévues et ont pu être rendus à leurs possesseurs.

» Je dois ajouter cependant que, en soumettant ces expériences à une discussion critique serrée et minutieuse, dont j'ai donné les éléments dans un de mes Rapports au Comité, et dans le détail de laquelle il serait trop long d'entrer ici, on peut être conduit à cette conclusion que, pour trois des dix prototypes indiqués ci-dessus, il y a eu *peut-être* une très petite variation réelle, de l'ordre de trois à quatre centièmes de milligramme environ; parmi ces trois kilogrammes serait compris l'un des deux prototypes du Bureau international. Toutefois cette conclusion ne saurait être admise, jusqu'à présent, qu'avec une extrême réserve; et je puis dire qu'elle a été plutôt infirmée, en ce qui concerne notre propre kilogramme, par de nouvelles déterminations que nous avons eu l'occa-

sion de faire depuis lors. Nous ne pensons donc pas que ces expériences puissent en aucune manière nous autoriser à modifier les équations des prototypes, telles qu'elles ont été établies, antérieurement à 1889, par un travail incomparablement plus considérable, et avec des contrôles et des compensations d'erreurs beaucoup plus étendues que nous ne pouvions les avoir cette fois.

» Je dois mentionner encore, comme conséquence de ce que je viens de dire, que, pour justifier des changements dans les valeurs indiquées aux certificats, il faudrait avant tout que nos propres prototypes, qui doivent nous servir de termes de comparaison et de points de départ pour vérifier les autres, fussent eux-mêmes l'objet d'une vérification nouvelle très complète et très soignée. Pour cette étude, qui constituera un travail considérable, ils devront être associés à d'autres kilogrammes présentant une parfaite garantie de conservation depuis l'origine. Ces kilogrammes pourraient être, soit les témoins du Prototype international, restés enfermés avec lui depuis 1889, soit les kilogrammes qui sont en dépôt à Breteuil, encore disponibles pour satisfaire au besoin à de nouvelles demandes, et qui sont demeurés sous leur enveloppe, depuis l'origine, sans avoir jamais été touchés.

» Enfin, il conviendra de ne faire ces nouvelles déterminations que dans les conditions expérimentales les plus parfaites possibles. A cet égard, j'ajoute que le Comité international a décidé de faire reviser nos balances, qui ont actuellement plus de vingt ans de service continu, et qui, bien que constituant encore, dans leur état actuel, des instruments d'une valeur très grande et certainement exceptionnelle, ont cependant subi, jusqu'à un certain point, les atteintes inévitables du temps et de l'usure, et sont susceptibles en outre d'être améliorées sous quelques rapports par des dispositifs nouveaux que l'ingéniosité des constructeurs a imaginés depuis leur fabrication. Notre principale balance en voyée à cet effet, il y a un peu plus d'un an, chez son constructeur, M. Rueprecht, à Vienne, va nous revenir dans quelques semaines complètement remaniée, et s'adaptera dès lors de la façon la plus parfaite au travail que j'ai indiqué.

» En conséquence, le Comité propose de poursuivre, suivant les demandes qui pourront lui être adressées, les vérifications des kilogrammes dans les conditions où elles ont été exécutées depuis la dernière Conférence. En même temps, le Bureau refera, avec son outillage remis à neuf et en réunissant le plus haut degré de garantie possible, la détermination de ses propres prototypes. Cette opération faite, le Comité proposera à tous les Gouvernements intéressés de réunir de nouveau, dans un grand travail d'ensemble, les prototypes qui leur ont été distribués en 1889, afin d'établir, une fois de plus, leurs équations par rapport au prototype international. Ce sera sans doute l'un des objets de la réunion de la prochaine Conférence générale de prendre une décision à cet égard.

» En ce qui concerne les thermomètres-étalons qui ont été l'objet d'une révision, je laisserai la parole à mon Collègue M. Guillaume, qui s'est spécialement occupé de cette question. »

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. GUILLAUME pour exposer la marche suivie et les résultats obtenus dans la vérification des thermomètres.

M. GUILLAUME donne les explications suivantes :

« Les vérifications périodiques des thermomètres se présentent sous une forme essentiellement différente de celle des kilogrammes-étalons. Ici, nous n'avons aucune usure à craindre, et la seule cause de variation que l'on puisse prévoir réside dans les changements moléculaires du verre.

» Il n'est pas inutile de rappeler que la Commission du Mètre de 1872, jugeant d'après l'expérience acquise à cette époque, avait conclu que le thermomètre à mercure est un instrument essentiellement variable avec le temps, et que, pour assurer, par son moyen, la diffusion et la conservation permanente d'une échelle thermométrique, il deviendrait nécessaire de comparer, de temps à autre, au thermomètre à gaz du Bureau international, les thermomètres distribués aux États signataires de la Convention du Mètre.

» Or les études thermométriques poussées activement, surtout dans la première période de l'activité du Bureau, ont fait assez rapidement justice de cette opinion; et, dès l'année 1885, on pouvait déjà formuler, à ce sujet, des conclusions infiniment plus rassurantes sur l'invariabilité des thermomètres. Depuis cette époque, l'épreuve du temps est venue s'ajouter aux essais, plus rapides, faits en soumettant les thermomètres à des températures variables, et rien jusqu'ici n'est venu démentir les espérances qu'avaient fait naître les premières recherches.

» Puisque les changements que peuvent subir les thermomètres sont essentiellement moléculaires, on pourra penser qu'un certain nombre de thermomètres construits ensemble, avec un même verre, et traités dans la suite d'une façon analogue, subiront sensiblement les mêmes variations; et, des changements constatés dans un groupe d'entre eux, on pourra conclure, avec un haut degré de probabilité, aux variations de tous les autres. Avec plus de probabilité encore, si un groupe de ces thermomètres ne présente aucun changement d'un certain ordre, on en conclura que, à moins d'accident, aucun thermomètre du même lot n'aura présenté de changement dans l'ordre considéré.

» Ces quelques considérations étaient nécessaires pour motiver la façon d'opérer du Bureau concernant les thermomètres nationaux. Les recherches approfondies faites sur les variations possibles des thermomètres qui nous servent

constamment nous ont permis de limiter immédiatement le problème et, comme l'étude complète d'un thermomètre présente toujours une faible part de danger, de circonscrire cette étude aux éléments dont on pouvait encore suspecter la variation.

» Trois ordres de changements ont été examinés sur les thermomètres du Bureau : changements de la position du zéro, de la valeur de l'intervalle fondamental et des corrections de calibre.

» La première de ces variations est inévitable; mais le mode opératoire adopté depuis longtemps au Bureau et qui, de là, s'est généralement répandu parmi les physiciens, permet d'éliminer complètement son effet.

» En rassemblant les observations du zéro d'un certain nombre de thermomètres pendant une quinzaine d'années, observations ramenées à la même température antérieure à la détermination, nous avons pu tracer une courbe de variation d'allure exponentielle, sur laquelle on peut lire les chiffres approximatifs suivants :

L'ascension est, dans les 5 premières années, de...	0,060 degré
5 suivantes	... 0,007 »
5 suivantes	... 0,003 »

» On voit donc qu'au bout d'une dizaine d'années d'usage la variation du zéro est de l'ordre de *un millième de degré par an*, et sa position pourra être considérée comme constante pendant une période très longue.

» Les variations de l'intervalle fondamental ont été étudiées sur huit thermomètres de premier ordre, sur lesquels il a été fait un grand nombre d'observations en 1885, peu après leur construction. Ces observations ont été répétées en 1893 et 1894, et ont donné une variation moyenne apparente de *huit dix-millièmes de degré*, variation qui est certainement inférieure à l'erreur possible de cette détermination. On en conclura que, dans les limites des erreurs d'observation, les thermomètres qui ne sont pas exposés à des températures supérieures à 100° ont un intervalle fondamental pratiquement invariable.

» Nous avons enfin examiné les corrections de calibre, en recherchant leurs variations là où elles étaient le plus probables, c'est-à-dire dans les thermomètres dont la tige porte une ou plusieurs ampoules. Nous avons commencé par déterminer, après un certain nombre d'années d'usage, les capacités des ampoules par rapport à celle de la partie cylindrique de la tige, nous réservant de pousser plus avant dans le cas où le premier calibrage aurait révélé des variations.

» Sans entrer dans le détail des vérifications, je dirai que, sur seize corrections ainsi déterminées après une dizaine d'années, et portant sur la comparaison d'ampoules avec la partie cylindrique, treize corrections ont accusé une diffé-

rence inférieure à un millième de degré, et toutes étaient inférieures à deux millièmes. Ici encore, les différences ne dépassent pas les limites des erreurs d'observation, et il n'y a pas lieu de conclure à une variation dans ces limites.

» Comme une détermination de l'intervalle fondamental introduit pour longtemps une perturbation dans la marche du zéro, il avait été décidé par le Comité international que l'étude des thermomètres nationaux devait être limitée à une détermination de la capacité relative de l'ampoule et de la partie cylindrique.

» La vérification a été faite sur dix-sept thermomètres. Les variations apparentes se sont réparties comme suit :

Entre 0 et 1 millième.....	6
» 1 » 2 » .....	4
» 2 » 3 » .....	5
» 3 » 4 » .....	1
» 4 » 5 » .....	1

» On remarquera la différence exceptionnellement forte trouvée pour un thermomètre. Je dois mentionner que le premier calibrage de cet instrument avait été fait par une observatrice qui était encore d'une assez médiocre habileté, et il n'est pas douteux que la presque totalité de l'erreur doive être attribuée à ce premier calibrage. La vérification, au contraire, a été confiée à une personne très habile, de telle sorte que les nouvelles corrections sont plus probablement exactes que les anciennes. Bien qu'aucun indice ne permit d'admettre une variation des thermomètres avec le temps, nous n'avons pas hésité à adopter les nouvelles corrections, et à refaire les certificats de tous les thermomètres envoyés à la vérification. »

M. le PRÉSIDENT fait remarquer que le Rapport de M. Benoît contient des propositions sur lesquelles il y a lieu d'émettre un vote, tandis que le Rapport de M. Guillaume est une communication sur des travaux exécutés dont il suffit de prendre acte. Il donne la parole à M. Foerster, pour qu'il résume, au nom du Comité, les propositions exposées par M. Benoît.

M. FOERSTER, président du Comité, s'exprime dans les termes suivants :

« Comme conclusion à tirer du Rapport de M. Benoît sur les comparaisons périodiques des kilogrammes prototypes et les expériences acquises jusqu'à présent dans la première phase de ces comparaisons, je me permets de formuler, au nom du Comité, la proposition suivante :

» La Conférence est d'avis qu'il faudra, dans les prochaines années, poursuivre la comparaison des kilogrammes prototypes nationaux avec les prototypes

du Bureau, dans le même sens et sous les mêmes conditions dans lesquelles ces comparaisons ont été, au fur et à mesure, commencées depuis l'année dernière; mais qu'en même temps le Comité doit prendre soin de préparer une nouvelle vérification des équations de tous les kilogrammes prototypes, en séries fermées, avec le Prototype international et ses témoins, en renouvelant, perfectionnant et étudiant dans ce but les balances et les installations du Bureau, et en comparant premièrement entre eux de nouveau les kilogrammes qui sont à la disposition du Bureau.

» La prochaine Conférence aura alors à statuer sur le commencement de la nouvelle détermination de l'ensemble des prototypes du kilogramme. »

Mise aux voix, cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Benoît, pour présenter à l'approbation de la Conférence les nouvelles déterminations métrologiques fondamentales exécutées depuis la réunion de 1895.

M. BENOÎT fait l'exposé suivant :

« Après que les nouveaux prototypes eurent été distribués, en 1889, on peut dire que l'unification était faite, dans le monde civilisé à peu près entier, en ce qui concerne la valeur des unités fondamentales des mesures, ou tout au moins que nous avons donné à chacun les moyens d'établir cette unification. Mais, dans les applications, l'unité n'est pas une grandeur privilégiée qui intervienne plus souvent que d'autres. Au contraire, c'est le plus souvent soit de multiples, soit de fractions de cette grandeur que l'on a besoin. En particulier, dans les recherches scientifiques qui rendent nécessaire le plus haut degré de précision, c'est presque toujours à de petites subdivisions du mètre ou du kilogramme que l'on a affaire. D'un autre côté, la métrologie elle-même a le besoin le plus absolu de ces petites subdivisions, qui lui servent à faire la *tare* des instruments, micromètres ou balances, qu'elle emploie, et qui lui fournissent, par conséquent, l'unité micrométrique de ses mesures.

» C'est pour répondre à ce dernier objet qu'on avait tracé, sur les mètres prototypes, en outre des traits principaux définissant la longueur du mètre, des traits auxiliaires, placés de part et d'autre, et fournissant des étalons de la millième partie de la longueur fondamentale. Pour déterminer les valeurs exactes de ces petits étalons, on avait commencé par faire l'étude complète d'une règle, dite *Règle normale*, divisée en millimètres. L'étude des erreurs de cette division avait conduit à la connaissance d'un *millimètre normal*, rapporté à l'unité fondamentale avec une grande exactitude, et auquel nous avons comparé les milli-

mètres de tous les prototypes. Quelques années plus tard, nous avons reconnu, en faisant simultanément la tare de nos micromètres par le *millimètre normal* originel et par les copies que nous en possédions sur nos propres prototypes en platine iridié, qu'il paraissait exister une petite différence entre les valeurs obtenues par ces deux points de départ, qui auraient dû être rigoureusement concordantes. Si petite que fût la différence (une fraction de micron), elle paraissait nettement systématique, un peu supérieure aux erreurs inévitables des observations; elle devait nous préoccuper, en jetant une suspicion sur l'unité micrométrique de toutes nos mesures. Il importait de reconnaître où était l'erreur et quelle en était la cause.

» La détermination du millimètre par l'étalonnage d'une division est une opération longue, compliquée et laborieuse; la première m'avait coûté quelques mois de travail. D'un autre côté, notre Règle *normale*, déjà ancienne, ne répondant plus aux conditions que nous jugeons aujourd'hui indispensables pour des étalons de premier ordre, en particulier à la condition du *plan neutre*, nous paraissait ne plus justifier, par sa valeur propre, le recommencement d'un travail aussi considérable. Elle devait être remplacée, et l'a été en effet, depuis lors, par des règles plus parfaites. En attendant, et pour résoudre la difficulté qui se présentait, j'ai pensé qu'il était possible de tirer parti de la détermination qui venait d'être faite ici par le professeur Michelson, avec notre collaboration, du mètre en longueurs d'ondes lumineuses; on pouvait, en effet, créer assez simplement, en s'appuyant sur les résultats de cette détermination, des étalons des petites subdivisions du mètre, le centimètre et le millimètre, directement par les longueurs d'ondes, et sans passer par le laborieux travail d'un étalonnage.

» Les procédés que j'ai mis en œuvre pour répondre à cet objet ont été, à de très petites modifications près, identiques à ceux que nous avons employés avec M. Michelson et qui dérivent des belles méthodes interférentielles qu'il a imaginées. J'ai construit deux étalons, qu'on pourrait appeler *étalons interférentiels*, l'un du centimètre, l'autre du millimètre, dont la définition est donnée, comme dans les étalons de M. Michelson, par la distance de deux plans de verre argenté, disposés en escalier l'un en arrière de l'autre sur un support métallique et réglés au parallélisme parfait. Les longueurs de ces étalons sont d'abord déterminées directement en longueurs d'ondes de la radiation rouge du spectre du cadmium, par le procédé des *excédents fractionnaires*, qui donne aisément, dans des mesures de ce genre, une exactitude de l'ordre de quelques millièmes de millimètre. Ensuite on leur a comparé de petites échelles centimétriques et millimétriques, tracées sur une surface de nickel parfaitement polie, en traits très fins et très nets, susceptibles de supporter de forts grossissements. Pour cette comparaison, la règlette sur laquelle est tracée cette échelle

est portée par le support même de l'étalon interférentiel; celui-ci est déplacé d'une quantité rigoureusement égale à sa longueur par le procédé des franges en lumière blanche, dû également à M. Michelson, et l'étendue de son déplacement est rapportée, au moyen d'un microscope à micromètre, à la longueur de la division correspondante, centimètre ou millimètre, de l'échelle. Comme contrôle, les dix millimètres d'un centimètre étaient d'abord étudiés séparément; puis leur somme était mesurée directement par l'étude du centimètre entier.

» Ce travail, fait complètement pour une série de sept réglettes, nous a fourni par conséquent des étalons du millimètre et du centimètre, qui, d'abord exprimés en longueurs d'ondes lumineuses, ont été ensuite rapportés au Mètre international, à l'aide de la relation établie par M. Michelson entre ces deux longueurs. Les millimètres ainsi déterminés ont été ensuite comparés, tant au millimètre normal primitif de notre Règle normale qu'aux millimètres tracés sur nos prototypes. C'est M. Guillaume qui s'est chargé de cette seconde partie du travail. La conclusion qui en est finalement résultée est que c'était bien sur le millimètre normal qu'avait porté l'altération qui nous avait inquiétés. Les millimètres (copies en quelque sorte de ce millimètre normal primitif) portés sur nos prototypes se sont trouvés concorder, dans les limites du dixième de micron, avec ceux que nous venions de construire par la voie, absolument différente, des longueurs d'ondes. Ce résultat témoigne du soin et de l'exactitude avec lesquels avait été fait le premier établissement de notre unité micrométrique. Il montre en même temps que les valeurs des étalons millimétriques que nous avons données dans nos certificats, en 1889, sont d'une exactitude tout à fait satisfaisante. Quant à la petite variation constatée sur l'étalon millimétrique primitif, elle s'explique aisément, non sans doute par une variation appréciable de longueur, sur une aussi petite étendue de la règle qui le portait, mais simplement par une altération du tracé. La Règle normale est en effet tracée sur argent, métal mou et facilement déformable. Elle a beaucoup servi depuis son premier étalonnage; elle a été plongée à plusieurs reprises dans l'eau pour diverses déterminations, et a dû subir plusieurs nettoyages; quel que soit le soin avec lequel ceux-ci sont exécutés, ils exposent inévitablement à user légèrement, à arrondir les bords des traits, assez larges d'ailleurs, dont l'aspect, sous les microscopes, peut changer un peu, de manière que la position de leur axe puisse être appréciée un peu différemment.

» A la suite de ces vérifications, et les petites subdivisions décimales du mètre se trouvant ainsi parfaitement garanties, nous nous sommes proposé de donner satisfaction à un certain nombre de demandes qui nous avaient été adressées, et qui se rapportent au même ordre d'idées. A ce moment, M. Guillaume venait

de constater dans certains alliages d'acier-nickel des propriétés toutes nouvelles, qui nous ont paru extrêmement précieuses pour des applications à la métrologie, et nous avons résolu de les utiliser dans la confection des étalons décimétriques, centimétriques et millimétriques qui nous étaient demandés. Comme il s'agissait d'établir en quelque sorte un type, comme il s'agissait surtout de mettre en œuvre des matières nouvelles, qui devaient être soumises à des traitements préalables encore inconnus des industriels et fabricants, nous nous sommes décidés à faire construire, en prenant nous-mêmes une part considérable à cette construction, une série de nouveaux étalons en acier-nickel. Cette résolution, qui nous faisait un peu sortir, par une exception unique jusqu'à présent, des strictes obligations que nous impose la Convention du Mètre, mais qui se justifiait ainsi par des raisons toutes spéciales, a entraîné pour nous un labeur considérable; et, sans entrer dans aucun détail, je puis dire que nous avons rencontré, dans l'exécution, des difficultés de diverses natures plus grandes que celles auxquelles nous nous étions attendus. Elles ont été successivement surmontées, et nous sommes arrivés à mettre au jour des étalons qui, en tant qu'instruments destinés à définir des longueurs avec un haut degré de précision, nous paraissent très sensiblement supérieurs à tout ce qui avait été fait jusqu'à présent.

» Ces étalons sont des réglettes rectangulaires de 7<sup>mm</sup> d'épaisseur et 130<sup>mm</sup> environ de longueur. Sur l'une de leurs surfaces, qui a reçu un très beau poli spéculaire, a été tracée une division en millimètres sur une longueur de 100<sup>mm</sup>. Un millimètre séparé, subdivisé, donne en plus les dixièmes de millimètre. Les traits sont d'une netteté parfaite et d'une extrême finesse : 2<sup>e</sup> environ de largeur. Il serait imprudent, je crois, de descendre sensiblement au-dessous de cette limite, au point de vue de la conservation de ces traits.

» Ces divisions ont été étudiées, sous ma direction, d'une façon uniforme, par M. Maudet. Le schéma établi pour l'étude donne finalement les corrections de l'échelle entière, de tous les centimètres et des millimètres du premier centimètre. Avec ces données, on peut trouver, sur la division, *au moins un* étalon, de valeur exactement connue, de toute longueur, variant de millimètre en millimètre depuis 0 jusqu'à 100<sup>mm</sup>. Une étude complémentaire fixe également les valeurs des dixièmes du millimètre subdivisé. Ces diverses données sont transcrites dans un certificat qui accompagne chaque étalon.

» J'avais construit quatre-vingts de ces réglettes-étalons; le plus grand nombre en acier-nickel dit *invar* à 36 pour 100, à faible dilatation; quelques-unes en acier-nickel à 44 pour 100 qui a sensiblement la dilatation du platine ou du verre; quelques autres en nickel, qui possède une dilatabilité plus forte. Suivant les applications que l'on a en vue, on pourra préférer les unes ou les autres.

» Nous avons, conformément aux demandes qui nous ont été adressées de

diverses parts, livré déjà la plus grande partie des réglettes-étalons ainsi construites. Le nombre total est actuellement de quarante-huit. D'après des renseignements qui nous sont parvenus de divers côtés, il semble qu'on ait généralement apprécié la valeur de ces étalons et les services qu'ils peuvent rendre.

» J'ajoute que nous considérons maintenant notre rôle de constructeurs, en ce qui concerne ces étalons, comme terminé. Une fois le nombre des réglettes dont nous disposons encore épuisé, s'il se produit de nouvelles demandes, nous nous adresserons à une maison de construction, à laquelle nous donnerons toutes les indications nécessaires pour continuer la fabrication dans des conditions aussi semblables aux autres que possible.

» Les études faites sur les aciers-nickels nous ont conduits encore à d'autres applications, qui intéressent la Géodésie. Je ne fais qu'indiquer ici ce point, et je demande à remettre à une prochaine séance les explications complémentaires que nous pouvons donner, en présentant à la Conférence une *règle de base*, de dispositions tout à fait nouvelles, qui vient d'être terminée pour le Service géographique de l'armée française, et que nous attendons de la Société genevoise.

» Une autre question qui a occupé l'activité du Bureau international depuis la précédente Conférence, est celle de la *masse du décimètre cube d'eau*, qui était, depuis longtemps déjà, dans le programme de ses travaux. Le kilogramme est, par définition, la masse d'un décimètre cube d'eau à son maximum de densité — pour rendre cette définition complète et parfaitement précise nous devons y ajouter aujourd'hui — et sous la pression normale. La réalisation matérielle de l'étalon correspondant à cette définition a été exécutée par une expérience, qui est, comme toute expérience, susceptible d'erreur. La recherche de l'écart existant entre la valeur réelle du kilogramme et sa définition, qui est une constante fondamentale de la Métrologie, a occupé, à diverses reprises, plusieurs physiciens dans le cours du XIX<sup>e</sup> siècle. Pour montrer quelle est la difficulté de cette détermination, il suffira de reproduire ici les résultats obtenus par les divers expérimentateurs :

Dates.	Observateurs.	Masse du décimètre cube d'eau. kg
1798-1821...	Shuckburgh et Kater.	1,000457
1821.....	Stampfer.	0,999750
1825.....	Berzélius, Svanberg et Akerman.	1,000296
1841.....	Kupffer.	0,999931
1890.....	Chaney.	0,999823

» Ainsi, les valeurs trouvées pour l'*erreur du kilogramme* diffèrent de quantités qui ont dépassé 700<sup>mg</sup>. En présence de ces incertitudes, il y avait intérêt à

reprendre une fois de plus, et dans des conditions meilleures, s'il était possible, l'étude de cette question.

» Nous l'avons abordée ici par deux méthodes entièrement différentes, du moins en ce qui concerne la mesure des dimensions des corps, de forme géométrique régulière, qui devaient être employés dans cette détermination. La première est la méthode ancienne et ordinaire, dite *des contacts*, dans laquelle les dimensions du corps étudié sont mesurées au moyen de palpeurs, que l'on met en contact avec eux en des points déterminés, et dont la distance est établie par comparaison avec une division étalon au moyen des microscopes d'un comparateur. L'application de cette méthode a été confiée à M. Guillaume. Je ne puis évidemment entrer ici dans le détail des perfectionnements nombreux introduits ni des précautions minutieuses prises pour tâcher d'assurer au résultat le plus haut degré d'exactitude. Ils ont été déjà décrits dans les rapports présentés au Comité dans ses sessions successives et feront prochainement l'objet d'une publication plus étendue. Je dirai seulement que les corps géométriques qui ont été employés sont des cylindres de laiton ou de bronze travaillés avec le plus grand soin, au nombre de cinq, et ayant des dimensions différentes, depuis 65<sup>mm</sup> jusqu'à 140<sup>mm</sup> environ de hauteur et de diamètre de base.

» La seconde méthode mise en œuvre est purement optique. Elle s'applique à des corps transparents et terminés par des surfaces planes, dont on détermine les dimensions directement en longueurs d'ondes lumineuses, sans faire intervenir aucun étalon de longueur, par une combinaison des procédés interférentiels de M. Michelson avec ceux de Fizeau. Ici encore, je ne saurais m'étendre sur les détails de la recherche. Je dirai seulement que M. Chappuis, auquel a été confiée l'exécution de cette partie du travail, a employé deux cubes de verre, de cinq centimètres environ d'arête, et qu'il a pu utiliser, dans leurs mesures, en outre des longueurs d'ondes du cadmium, de M. Michelson, quelques autres radiations déterminées par lui-même et appartenant au spectre du zinc, ajoutant ainsi de nouveaux contrôles à ceux que l'on possédait déjà.

» Les résultats fournis par cette double série de mesures, toutes corrections et calculs faits, et après discussion de toutes les observations, ont été les suivants :

	Masse du décimètre cube d'eau.
Méthode des contacts.....	0 <sup>kg</sup> ,999936
Méthode interférentielle.....	0 <sup>kg</sup> ,999974

» En d'autres termes, le kilogramme serait en erreur, d'après l'une des méthodes, de 64 milligrammes; d'après l'autre, de 26 milligrammes, au-dessus de sa valeur de définition.

» La divergence de ces deux résultats est plus grande que la concordance des résultats individuels fournis par chacune des méthodes n'aurait permis de le prévoir. L'examen détaillé des observations montre qu'elle correspond pourtant à des erreurs, dans les mesures, qui seraient déjà extrêmement petites et se rapprocheraient des limites de l'exactitude qu'il est possible de réaliser dans des déterminations de ce genre. Une étude critique des causes d'erreurs qui ont pu intervenir montre, en outre, que le premier des deux nombres donnés ci-dessus a pu être faussé par ces causes, dans un sens qui probablement l'a écarté du second. D'autre part, d'autres déterminations de cette même constante physique, auxquelles nous-mêmes avons pris une part en fournissant à leurs auteurs des points de départ vérifiés pour leurs mesures, ont été faites récemment par M. Macé de Lépinay, en employant les *franges de Talbot*; par MM. Pérot et Fabry, en employant leurs *franges de superposition*. Le premier a trouvé, pour la masse du décimètre cube d'eau,  $0^{\text{kg}},999954$ ; les seconds  $0^{\text{kg}},999974$ .

» En réunissant cet ensemble de résultats, si l'on trouve entre eux des discordances qui paraissent encore trop grandes, eu égard à la délicatesse des méthodes et à la perfection des moyens mis en œuvre, ils n'en constituent pas moins un très grand progrès par rapport aux anciennes déterminations, dont les écarts étaient environ quinze fois plus grands, sans que l'on trouvât de bonnes raisons pour opérer entre elles un choix justifié. Ils éliminent, sans aucun doute, les valeurs négatives, aussi bien que les valeurs très grandes trouvées par quelques observateurs pour l'erreur du kilogramme, et fixent celle-ci, d'une manière qui nous paraît définitive, entre des limites dont l'écart ne dépasse pas  $30^{\text{mg}}$  et reste même probablement au-dessous. Ils démontrent, en outre, la perfection véritablement extraordinaire avec laquelle la réalisation matérielle du kilogramme, conforme à sa définition, a été exécutée par les fondateurs du Système métrique, puisque l'on voit, d'après ce qui précède, que son erreur ne dépasse pas beaucoup les incertitudes des déterminations que nous-mêmes pouvons faire aujourd'hui en appliquant des méthodes et des ressources expérimentales qui nous paraissent incomparablement supérieures à celles qui étaient à leur disposition.

» Quoi qu'il en soit, une critique approfondie de nos expériences a montré que dans l'application, soit de l'une, soit de l'autre méthode, il était possible, en profitant de l'expérience maintenant acquise, d'introduire quelques perfectionnements qui permettraient sans doute de rapprocher les résultats et d'obtenir la constante fondamentale cherchée avec plus d'exactitude encore. Aussi le Comité a-t-il décidé de reprendre encore une fois le travail, au Bureau international, en s'efforçant de réaliser les conditions les plus parfaites à tout point de vue. Ces nouvelles études sont dès à présent en pleine exécution, et nous en pourrons, j'espère, faire bientôt connaître les résultats.

» En dehors des travaux dont je viens de parler, notre Bureau a eu encore, dans la période qui vient de finir, à s'occuper de quelques autres questions, et en particulier il s'est associé à l'Observatoire de Kew, en Angleterre, à la demande de celui-ci, pour faire une étude du thermomètre à résistance de platine et une comparaison de cet instrument au thermomètre à gaz fournissant l'échelle normale des températures. Ce travail comporte, entre autres choses, la détermination d'une constante importante et dont l'application tend à devenir fréquente : c'est le point d'ébullition du soufre. Il a été exécuté par M. Chappuis, avec la collaboration du D<sup>r</sup> Harker, Assistant de l'Observatoire de Kew, venu à Sèvres dans ce but. Je laisserai à M. Chappuis le soin de rendre compte rapidement des résultats obtenus, ainsi que de quelques autres, relatifs aux propriétés des gaz, et sur lesquels ont porté quelques-unes de ses recherches. »

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Chappuis pour résumer les études auxquelles il s'est livré, concernant la Thermométrie.

M. CHAPPUIS communique les renseignements suivants :

« Les nouvelles recherches thermométriques sur lesquelles je suis appelé à vous dire quelques mots servent de complément aux premières études publiées dans les *Travaux et Mémoires du Bureau international*. Ces premières recherches avaient montré qu'il existe entre les différents thermomètres à gaz sous volume constant des différences de marche sensibles et dont il est utile de tenir compte dans les recherches de précision. C'est à la suite de ces recherches que le Comité décida d'adopter comme échelle normale des températures celle du thermomètre à hydrogène sous volume constant, ayant une pression initiale de 1 mètre. On peut, vous le savez, employer le thermomètre à gaz sous deux formes différentes; dans le premier cas, sur lequel ont porté mes premières recherches, l'échelle thermométrique repose sur l'augmentation de la pression que subit un gaz dont le volume est maintenu invariable; dans le second, on détermine la température par l'augmentation du volume du gaz maintenu sous une même pression. Il importait de connaître les différences de marche que présentent les thermomètres à gaz sous pression constante, fréquemment utilisés par les physiciens et qui, dans certains cas, se prêtent mieux aux mesures que ceux sous volume constant.

» Sans entrer dans le détail des mesures, je dirai qu'elles ont été effectuées au moyen du grand thermomètre à gaz dont la description a été donnée dans les *Travaux et Mémoires*, et auquel j'avais adapté un volumétre à trois boules permettant la mesure de la dilatation de 0° à 20°, à 40° et à 100°.

» Le résultat qui me paraît le plus intéressant concerne l'hydrogène, pour

lequel j'ai trouvé, aux erreurs d'observation près, l'identité complète des deux échelles sous pression ou sous volume constants. La définition de l'échelle normale des températures adoptée par le Comité international pourrait donc être étendue sans inconvénient au thermomètre à hydrogène sous pression constante.

» Enfin, les nouvelles recherches ont montré que l'échelle thermométrique d'un gaz dépend essentiellement de sa pression initiale. Aux pressions faibles, les écarts deviennent insensibles, comme on pouvait s'y attendre, d'ailleurs.

» Le second point de cette Communication est relatif aux études que j'ai faites, avec la collaboration du Dr Harker, de l'Observatoire de Kew, sur le thermomètre à résistance de platine. Le grand avantage que présente cet instrument sur la plupart des thermomètres réside, à la fois, dans sa sensibilité, qui est grande, et dans l'étendue de son échelle, le même instrument pouvant servir à mesurer avec précision toutes les températures comprises entre  $-200^{\circ}$  et  $+1200^{\circ}$ . Le thermomètre de platine, sous la forme perfectionnée que lui a donnée M. Callendar, présente donc un grand intérêt scientifique; mais il faut, pour pouvoir l'utiliser, connaître exactement la marche de ce thermomètre par rapport à l'échelle normale des températures.

» C'était l'objet des études effectuées, il y a deux ans, au Bureau international, et qui ont permis d'établir, dans un intervalle de plus de  $500^{\circ}$ , la marche du thermomètre à résistance de platine.

» Dans le cours de ces mesures, nous avons été amenés à déterminer le point d'ébullition du soufre, voisin de  $445^{\circ}$ . Ce point joue un rôle important dans la mesure des températures élevées, car il sert souvent pour l'étalonnage des pyromètres, et les physiciens anglais, MM. Callendar et Griffiths, avaient consacré à sa détermination un soin particulier. Nos mesures ont donné, pour la température d'ébullition du soufre, un nombre assez voisin de celui qu'avaient trouvé ces savants; cependant, nous ne pouvons pas considérer les recherches que nous avons faites comme définitives à cet égard, parce que la dilatation de la porcelaine qui constituait le réservoir thermométrique n'est pas connue avec une précision suffisante aux températures élevées, et que, d'après les recherches poursuivies en Allemagne, il semble que cette dilatation soit précisément irrégulière dans cet intervalle de température.

» La belle boîte de résistance que M. Carpentier vient de construire pour le Bureau international, et que vous pouvez admirer dans notre Observatoire, permettra de poursuivre l'étude du thermomètre de platine et mettra ainsi à notre disposition un instrument d'investigation très précieux. »

Après les beaux exposés qui viennent d'être présentés à la Conférence par

MM. BENOÎT, GUILLAUME et CHAPPUIS, M. le PRÉSIDENT est heureux de pouvoir féliciter, en son nom ainsi qu'au nom de tous les Délégués, le Bureau international tout entier pour la grande valeur de ses travaux et pour la haute science et l'activité dont il a continué à faire preuve.

M. FOERSTER est sûr que les paroles bienveillantes de M. le Président seront au Bureau un nouvel encouragement à poursuivre avec le même zèle ses difficiles et laborieuses recherches. Il fait ensuite observer qu'un vote formel de la Conférence est nécessaire pour l'adoption des étalons du millimètre, du centimètre et du décimètre. Il propose la formule suivante :

« La Conférence approuve la détermination fondamentale d'étalons du millimètre, du centimètre et du décimètre établis sur les échelles décimétriques confectionnées et étudiées par le Bureau international, en utilisant les contrôles acquis par la comparaison du Mètre avec les longueurs d'ondes lumineuses. »

Cette proposition, mise aux voix, est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne lecture de la communication suivante, qu'il vient de recevoir de M. Lagrave, Délégué de la France, chef de la Division du personnel au Ministère du Commerce.

« M. le Ministre du Commerce me charge de l'honneur d'informer MM. les Membres de la Conférence générale des Poids et Mesures qu'il serait particulièrement heureux d'assister à leur troisième séance (celle du vendredi 18 octobre). M. le Ministre aurait préféré se rendre au désir qui lui a été exprimé de le voir assister à la quatrième séance (celle du mardi 22 octobre); mais, ce même jour correspondant à la rentrée du Parlement, M. Millerand ne peut se dispenser, comme Membre du Gouvernement, d'assister à la séance de la Chambre des Députés.

» M. le Ministre du Commerce prie donc MM. les Membres de la Conférence générale de vouloir bien lui permettre d'assister à leur prochaine séance.

» Je serai particulièrement obligé à M. le Président de vouloir bien m'autoriser à faire cette communication à la Conférence, ou mieux d'avoir l'extrême amabilité d'en faire part personnellement à l'Assemblée.

» MICHEL LAGRAVE. »

M. le PRÉSIDENT déclare que la Conférence sera heureuse de la présence de M. le Ministre, et qu'elle considère cette intervention comme un nouveau témoignage du haut intérêt de la France pour l'œuvre internationale.

L'ordre du jour portant ensuite sur la déclaration, demandée à la Conférence par le Comité, concernant la distinction entre le décimètre cube et le litre, M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Foerster, Président du Comité.

M. FOERSTER s'exprime ainsi qu'il suit :

« Après la communication si complète que M. Benoit vient de donner dans son Rapport concernant les travaux du Bureau au sujet de la distinction précise entre le litre et le décimètre cube, je n'ai que quelques paroles à ajouter pour recommander à la Conférence d'approuver la déclaration dont le projet se trouve dans vos mains.

» Comme, à présent, il est *démontré*, par plusieurs séries de déterminations indépendantes et variées d'après différentes méthodes, que le volume occupé par la masse d'un kilogramme d'eau pure à son maximum de densité et sous la pression atmosphérique normale, c'est-à-dire le litre, est certainement plus grand que le décimètre cube, mais que cet excès très probablement ne dépasse pas  $\frac{1}{20\ 000}$  de cette unité, il est admissible et en même temps désirable de donner, par la haute autorité de la Conférence, à la pratique ordinaire ainsi qu'à la technique de haute précision, une indication plus explicite pour les préserver, d'une part, d'hésitations et d'incertitudes inutiles, d'autre part, de certitudes et d'identifications qui ne sont pas suffisamment justifiées. »

La discussion étant ouverte sur cette proposition, M. MENDELEEFF, tout en acceptant l'ensemble du texte présenté, demande qu'on indique déjà, dans les considérants, que la densité de l'eau varie non seulement avec la température, mais aussi avec la pression. Les définitions adoptées jusqu'ici n'en font pas mention, et il présente une adjonction au texte dans ce sens.

M. DE BODOLA propose de dire aussi, au début des considérants, *premières définitions* au lieu de *définitions fondamentales*.

M. FOERSTER accepte, au nom du Comité, ces deux modifications proposées par MM. Mendeleeff et de Bodola.

M. le PRÉSIDENT donne lecture du texte entier du projet de déclaration ainsi amendé, et qui est conçu dans les termes suivants :

#### Projet de déclaration concernant la définition du litre.

Considérant que les recherches les plus précises concernant la détermination du volume occupé par 1 kilogramme d'eau pure à son maximum de densité ont démontré,

conformément aux premières définitions des unités métriques, l'égalité à peu près parfaite entre ce volume et le cube du décimètre;

Mais, considérant que la différence entre ces deux grandeurs a pu cependant être mise en évidence par des procédés de mesure très délicats, et qu'elle ne peut plus être négligée dans des déterminations volumétriques de haute précision;

Considérant ensuite que la densité de l'eau varie non seulement avec la température, mais aussi avec la pression, et que les définitions adoptées jusqu'ici n'ont pas tenu compte de cette dernière variation;

Considérant enfin que les déterminations de volume au moyen de liquides sont en général plus simples que celles qui résultent des mesures linéaires, et sont susceptibles d'une précision supérieure;

« *La Conférence déclare :*

» 1° L'unité de volume, pour les déterminations de haute précision, est le volume occupé par la masse de 1 kilogramme d'eau pure, à son maximum de densité et sous la pression atmosphérique normale; ce volume est dénommé *litre*;

» 2° Dans les déterminations de volume qui ne comportent pas un haut degré de précision, le décimètre cube peut être envisagé comme équivalent au litre; et, dans ces déterminations, les expressions des volumes basées sur le cube de l'unité linéaire peuvent être substituées à celles qui sont rapportées au litre tel qu'il vient d'être défini.

» La Conférence charge le Comité international de faire poursuivre au Bureau les mesures destinées à faire encore mieux connaître le rapport de ces deux grandeurs, et de publier le plus tôt possible les résultats des recherches déjà effectuées au Bureau, afin de permettre d'utiliser à l'avenir, dans les travaux scientifiques ou techniques de haute précision, la valeur la plus probable de ce rapport. »

La première partie, contenant les considérants, mise aux voix, est approuvée à l'unanimité.

La deuxième partie, comprenant les définitions elles-mêmes, est acceptée sans observation.

M. le PRÉSIDENT met aux voix l'ensemble de la déclaration, qui est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Directeur du Bureau international, au sujet des modifications à apporter au Règlement pour les vérifications qui lui sont demandées en vertu du n° 6 de l'art. 6 de la Convention.

M. BENOIT fait l'exposé suivant :

« Dès 1882, c'est-à-dire dès le moment où le Bureau international eut un outillage scientifique à peu près complètement organisé et put être mis en possession d'étalons de valeur exactement connue, le Comité pensa, en appliquant l'un des articles de la Convention du Mètre, à mettre ses services à la

disposition des institutions scientifiques, des sociétés savantes, des savants, des constructeurs, pour les vérifications des étalons de longueur et de masse et des instruments auxiliaires de la Métrologie (thermomètres et baromètres), qui pourraient lui être demandées. Un Règlement élaboré à cette époque fixa les conditions de ces vérifications, principalement au point de vue de la nature et de la disposition des objets présentés à l'étude du Bureau, lesquelles devaient satisfaire, d'une façon suffisante, aux exigences qu'imposent les mesures de haute précision. Après qu'une expérience de quelques années eut montré d'une façon plus nette, d'une part, quels étaient, dans cet ordre d'idées, les services que le Bureau pouvait rendre, d'autre part, quelles étaient les obligations et les charges qui en résultaient pour lui, le Règlement fut, après discussions approfondies, modifié sur un certain nombre de points, et une nouvelle édition en fut publiée et répandue parmi les intéressés en 1892. C'est sous cette forme qu'il a été appliqué depuis lors.

» Pour montrer jusqu'à quel point la décision du Comité répondait à un besoin réel, il me suffira de dire que, depuis l'origine, le Bureau international n'a pas délivré moins de 526 certificats, résultant de l'étude de 172 étalons de longueur ou règles divisées, de 68 poids ou séries de poids comprenant jusqu'à une vingtaine de pièces, de 286 thermomètres-étalons ou baromètres. Dans ce nombre ne sont pas compris les certificats qui ont été délivrés aux Gouvernements de la Convention, en même temps que les prototypes distribués en 1889 et postérieurement, et qui étaient au nombre de 42 pour les mètres, 42 pour les kilogrammes et 80 pour les thermomètres. Je puis ajouter que, en outre, une quantité considérable de travaux ont été exécutés qui n'ont pas donné lieu à certificats, les uns parce qu'ils étaient de peu d'importance et qu'une simple communication des résultats paraissait suffisante; d'autres, au contraire, parce que leur importance exceptionnelle a conduit à en rendre compte dans des Rapports étendus qui ont pu quelquefois prendre les proportions de véritables Mémoires. Tels sont ceux, en particulier, qui ont été exécutés sur les grandes règles des appareils de base des Services géographiques d'Allemagne, d'Autriche, d'Espagne, de France.

» Le Règlement établi par le Comité, soumis à l'épreuve d'une expérience déjà longue, paraît donc, dans son ensemble, répondre à peu près à tous les besoins. Il y a pourtant un point sur lequel, à la suite des discussions qui ont eu lieu dans les dernières séances du Comité, nous nous proposons de faire une petite adjonction. L'utilité nous paraît en résulter d'un fait qui s'accroît de plus en plus : c'est l'introduction de la haute précision dans la pratique industrielle. Il est difficile d'établir aujourd'hui la ligne de démarcation tranchée qui existerait entre les mesures purement industrielles et les mesures scientifiques. Certaines industries, telles que la construction des machines, celle

des instruments pour les sciences, celle des armes de guerre, tendent à introduire une rigueur de plus en plus grande dans leurs procédés, et la recherche de l'interchangeabilité parfaite des pièces oblige souvent à une complète exactitude dans leur ajustement. Des types d'étalons industriels ont été créés, qui se règlent et se définissent au micron près, et des instruments spéciaux ont été imaginés pour leur ajustement et leur mesure : tel le comparateur automatique du Colonel Hartmann, dont notre Bureau a acquis un exemplaire.

» Sans aucun doute, la détermination des étalons de ce genre doit appartenir principalement aux Bureaux nationaux des Poids et Mesures établis dans chaque pays; mais, dans certains cas, notre établissement peut aussi rendre des services dans cette voie; et c'est lui, en tout cas, qui est appelé à fournir aux autres les points de départ fondamentaux nécessaires pour ces mesures.

» D'un autre côté, il existe encore un autre genre d'étalons, ou, si l'on préfère, d'appareils de mesure, qui n'ont point été mentionnés jusqu'à présent dans notre Règlement, et dont les applications se multiplient de plus en plus. Ce sont ceux qui sont employés aujourd'hui, en Géodésie rapide ou en Topographie, pour mesurer des bases sur le terrain. Déjà, à plus d'une reprise, on nous a demandé d'étalonner des fils du système dit *Système Jäderin*, et nous avons même, pour satisfaire à une demande formelle qui nous a été adressée par l'Association géodésique internationale dans sa session de l'année dernière, créé dans notre établissement une installation spéciale correspondant à ce besoin, installation qui a été déjà utilisée pour un certain nombre de déterminations.

» Enfin, il peut arriver qu'on demande au Bureau certaines déterminations, qui s'appliquent non pas précisément à un étalon *fait*, mais à la matière dont il doit être construit, par exemple celle de sa dilatation. Il semble que, dans cette voie encore, nous pouvons rendre des services, et je puis remarquer que ce sont les études de ce genre, que nous avons exécutées pour notre propre compte, qui nous ont conduits à la découverte des propriétés d'alliages nouveaux, dont les applications se répandent maintenant et ont une importance considérable en Métrologie. Il doit être néanmoins entendu que c'est essentiellement en vue de la Métrologie et des applications qui s'y rapportent que des déterminations de ce genre peuvent être acceptées par le Bureau international, dans les attributions duquel, avec cette restriction, elles rentrent complètement.

» En ayant égard aux considérations qui précèdent, le Comité a l'intention d'ajouter à notre Règlement, à la suite de l'art. 7 (p. 8-9 de l'édition qui est sous les yeux des Membres de la Conférence), les lignes suivantes :

» Le Bureau international se charge également de la vérification des étalons à bouts

industriels de premier ordre, conformes au modèle adopté par lui-même, et qui s'adaptent aux dispositions de son comparateur automatique enregistreur. Ces étalons, en forme de *jauges* ou *broches*, sont des cylindres du diamètre uniforme de 12<sup>mm</sup> et terminés par des surfaces soit planes, soit sphériques. Il vérifie également les étalons en forme de calibres pleins, d'acier, de 1<sup>mm</sup> à 20<sup>mm</sup> de diamètre.

» Le Bureau se charge aussi de l'étalonnage des fils ou rubans employés en Géodésie et Topographie.

» Enfin le Bureau peut également se charger de déterminer les dilatations d'échantillons, sous forme de règles ou de petits fragments (par la méthode Fizeau), de métaux ou d'alliages métalliques, qui lui seraient demandées, lorsque ces déterminations peuvent présenter un intérêt scientifique général au point vue de la Métrologie.

» Les taxes seront laissées à l'appréciation du Directeur. »

M. FOERSTER, au nom du Comité international, fait remarquer que, sur ce point, il n'y a pas lieu à un vote de la part de la Conférence, attendu que le Comité lui-même est compétent pour décider sur ce sujet. Mais il paraissait utile et indiqué de porter ces modifications à la connaissance de MM. les Délégués, pour le cas où ils auraient de leur côté des vœux à formuler à cet égard.

M. MENDELEEFF recommande de ne pas dépasser les limites qui sont tracées par l'art. 6 de la Convention, et de prendre soin de rester dans le domaine purement métrologique.

M. BENOÎT répond que le texte de ces modifications a été rédigé et adopté par le Comité précisément en vue de tenir compte de cette recommandation.

MM. Chappuis et Guillaume ayant quitté la séance, M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Foerster, pour faire, au nom du Comité, une Communication concernant l'organisation du personnel scientifique du Bureau.

M. FOERSTER fait la déclaration suivante :

» Au sujet de la modification de l'organisation du personnel du Bureau international, proposée par le Comité, la Conférence me permettra de citer un passage d'un Mémoire dans lequel les raisons pour la modification en question ont été exposées au Comité :

« En ce qui concerne le personnel scientifique du Bureau, qui se compose maintenant du Directeur, M. Benoît, des deux Adjoints, MM. Chappuis et Guillaume, et d'un Aide, M. Maudet, nous avons à constater que M. Chappuis nous

a fait connaître que, pour des motifs de famille, il a l'intention de retourner dans son pays, la Suisse, aussitôt qu'il aura achevé les importants travaux qui l'occupent encore actuellement. Ce sera pour notre institution une grande perte : car M. le Docteur Chappuis a, par les belles expériences et par les recherches consciencieuses qu'il a exécutées au Bureau, particulièrement dans le domaine des études thermométriques et optiques, toujours mérité et reçu le témoignage de l'entière satisfaction du Comité. Nous avons été, en même temps, en danger de perdre aussi la collaboration également précieuse et estimée de M. le Docteur Guillaume, qui, surtout dans ses recherches sur les aciers-nickels, mais aussi dans les branches diverses de l'activité du Bureau, a fait preuve de dons scientifiques et d'une habileté qui lui ont permis de rendre les plus grands services. M. Guillaume avait en effet reçu, au commencement d'octobre dernier, l'offre de lui confier la chaire de Physique à l'Université de Genève, avec des avantages matériels notables par rapport à sa situation actuelle chez nous. A cette occasion, MM. les Membres du Comité ont approuvé unanimement la proposition que nous avons faite, d'accord avec M. le Directeur, par notre Circulaire du 18 janvier 1901, de retenir M. Guillaume au Service international des Poids et Mesures, en lui offrant une amélioration de sa situation matérielle par une augmentation de son traitement annuel jusqu'à 10000<sup>fr</sup> à partir du 1<sup>er</sup> juillet 1900, et pour l'avenir, après le départ de M. Chappuis, la position et le titre de Directeur adjoint. Comme M. Guillaume a accepté cette offre, en espérant, comme nous, sa confirmation par la Conférence générale, il s'agira, dans un avenir prochain, d'une formation nouvelle de l'entier personnel scientifique, sous l'autorité de M. Benoit, avec la collaboration de M. Guillaume. Tout en conservant les très utiles services de M. Maudet, il sera nécessaire de prendre et d'appointer un certain nombre d'autres Aides scientifiques, dont l'éducation spéciale, en vue de nos travaux, appartiendra à ces messieurs. Il y a même lieu de croire qu'une telle organisation s'adaptera très bien à la phase actuelle du développement de notre institution, et que cette éducation d'un nombre croissant de jeunes physiciens dans la haute Métrologie pourra, dans un certain sens, être envisagée comme un accroissement des bienfaits que la communauté scientifique de tous les pays reçoit et recevra de cette institution. »

» La question de forme se pose, si le Comité ou même si la Conférence est compétente, pour décider une telle modification de l'organisation du personnel du Bureau.

» A cet égard, il faut remarquer que les indications du Règlement de la Convention concernant la composition du personnel du Bureau n'ont pas du tout un caractère de prescriptions, mais plutôt celui d'un projet ou d'un exemple, afin d'expliquer et de justifier les sommes fixées pour le budget entier.

» Il est parlé, dans l'article 6 du Règlement qui s'occupe des traitements du personnel seulement, dans les termes suivants :

ART. 6. — .....

Le budget annuel du Bureau pourra être modifié, suivant les besoins, par le Comité international, sur la proposition du Directeur, mais sans pouvoir dépasser la somme de 100 000<sup>fr.</sup>

Toute modification que la Commission croirait devoir apporter, dans ces limites, au budget annuel fixé par le présent Règlement, sera portée à la connaissance des Gouvernements contractants.

Le Comité pourra autoriser le Directeur, sur sa demande, à opérer des virements d'un chapitre à l'autre du budget qui lui est alloué.

» A la suite de cet article vient une évaluation du budget des dépenses annuelles, mais il est ajouté, au Tableau des divers chapitres de budget du Service international, expressément la latitude que le budget annuel pourra être modifié, suivant les besoins, par le Comité international, sur la proposition du Directeur, sans pouvoir, du reste, dépasser la somme de 100 000<sup>fr.</sup>, dont seulement, pour la période postérieure à la distribution des prototypes, une diminution à 50 000<sup>fr.</sup> était d'abord prévue dans le Règlement. En outre, dans cet article, il est dit que toute modification que le Comité croirait devoir apporter, dans les limites prévues, au budget annuel fixé par le présent Règlement, sera portée à la connaissance des Gouvernements contractants. Enfin, dans le même article, le Comité reçoit le droit d'autoriser le Directeur, sur sa demande, à opérer des virements d'un chapitre à l'autre du budget.

» Conformément à ces déterminations, si sages et si libérales, la Conférence générale de 1889 a déjà pleinement reconnu le droit du Comité, aussi bien que l'absolue nécessité, de retenir à cette époque deux Adjoints au Bureau au lieu d'un Adjoint, qui, pour la période postérieure à la distribution des prototypes, avait été prévu par le Règlement.

» Toutefois, il nous a paru convenable, et justifié par les cas précédents, de soumettre à l'approbation de la Conférence la modification en question de l'organisation de notre personnel scientifique. »

M. MAREK appuie chaleureusement la proposition. Il a eu l'honneur de faire partie, pendant cinq ans, du personnel du Bureau; il est donc bien en situation d'apprécier les conditions nécessaires pour que le personnel puisse rester toujours à la hauteur de sa tâche. Les mesures de haute précision exigent un long exercice et la continuité du travail. Il faut donc toujours songer à l'avenir des jeunes savants auxquels sont confiées ces fonctions difficiles et délicates. Il croit qu'on pourrait même aller plus loin, en prévoyant que, plusieurs Aides devant être nécessaires, l'un d'eux pourrait parvenir à être nommé Adjoint.

M. FOERSTER dit que le Comité sera très satisfait des bonnes paroles prononcées par M. Marek et que, personnellement, il est très touché du grand intérêt ainsi manifesté à l'égard du personnel. M. le Secrétaire ne manquera pas de les consigner au Compte rendu de la séance. Mais, pour le moment, il s'agit seulement de demander à la Conférence qu'elle veuille bien approuver les mesures prises par le Comité dans la pensée très élevée d'assurer le meilleur fonctionnement possible du Bureau international.

Mise aux voix, cette approbation est prononcée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT fait observer que, pour épuiser l'ordre du jour de la séance, il resterait à procéder à la ratification de la fondation de la Caisse de secours et de retraites pour le personnel du Bureau international.

M. LAGRAVE émet l'avis qu'il serait peut-être indiqué de renvoyer ce point à la prochaine séance, à laquelle assistera M. le Ministre du Commerce, qui s'intéresse tout spécialement aux questions de cet ordre.

La proposition de M. Lagrave est acceptée.

La séance est levée à 5<sup>h</sup>.

---

---

## TROISIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE AU BUREAU INTERNATIONAL, AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE VENDREDI 18 OCTOBRE 1901.

Présidence de M. BOUQUET DE LA GRYE, Vice-Président de l'Académie des Sciences.

---

Sont présents :

*A. Les Délégués* : MM. ARNDTSEN, d'ARRILLAGA, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, CORNU, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, HASSELBERG, HEPITES, LAGRAVE, VON LANG, PUIGSERVER, DE MACEDO, MARCOVITCH, MAREK, MENDELEEFF, MORLEY, DE NOVALLAS, PRYTZ, RIS, ROUSSEAU, SIEGEL, TAKANOSÉ.

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

*C. Les invités* : MM. CHAPPUIS, DELAHOGUETTE, GUILLAUME, le lieutenant-colonel HARTMANN, MASCART.

La séance est ouverte à 2<sup>h</sup>30<sup>m</sup>.

M. BOUQUET DE LA GRYE annonce que M. MILLERAND, Ministre du Commerce, a bien voulu honorer la Conférence de sa présence, et il le prie de prendre place au fauteuil de la Présidence.

M. le MINISTRE accepte l'invitation de M. Bouquet de la Grye et prononce le discours suivant :

« MESSIEURS,

« M. le Ministre des Affaires étrangères a eu l'honneur, qui lui revenait, d'inaugurer les séances de la troisième Conférence générale des Poids et Mesures.

» Le Ministre du Commerce a, vous le savez, le service des Poids et Mesures dans ses attributions.

» Le Bureau national des Poids et Mesures, dont les Membres éminents vous sont connus, ressortit de lui.

» J'aurais cru manquer à un devoir d'hospitalité et de déférence en ne saisissant pas l'occasion, qui m'était donnée, d'apporter aux savants illustres réunis ici, avec mes souhaits personnels de bienvenue, l'hommage de la gratitude de mon Administration.

» L'ordre du jour de votre séance porte, d'ailleurs, plusieurs questions qui offrent pour le Ministre du Commerce un intérêt tout particulier. Laissez-moi vous dire avec quel plaisir j'ai lu, dans la liste de vos travaux, et combien je serais heureux de voir ratifier par votre Conférence, le projet d'organisation d'une Caisse de retraites en faveur du personnel du Bureau international des Poids et Mesures.

» Je travaille avec ardeur, pour ma part, à introduire dans la législation française des dispositions qui assurent aux travailleurs âgés le pain de leurs vieux jours. Si la justesse de cette conception se justifie amplement à mes yeux, s'agit-il du plus humble des manœuvres, combien n'est-elle pas plus éclatante encore, quand il s'agit d'assurer à des savants, qui ont consacré leur vie au bien public, à l'étude désintéressée de problèmes abstraits, la sécurité de leur vieillesse ! En réalisant l'idée généreuse que vous ont léguée vos devanciers de 1895, vous ferez une bonne action et vous donnerez un haut exemple.

» S'il est juste d'assurer la retraite des hommes qui ont épuisé leurs forces au service de l'humanité et de la science, il sied de ne pas attendre la fin de leur carrière pour rémunérer dignement leurs mérites.

» Tous les Gouvernements tiendront à honneur de reconnaître le dévouement et les connaissances des hommes éminents et modestes qui composent le personnel du Bureau international des Poids et Mesures.

» Je prends bien volontiers, pour ma part, l'engagement qui ne sera protesté, je le sais, ni par le Gouvernement, ni par le Parlement, que la France sera heureuse de fournir sa modeste contribution au budget de 100000<sup>fr</sup>, reconnu nécessaire pour maintenir le matériel du Bureau international à la hauteur des nécessités scientifiques, et pour garantir à son personnel un traitement qui ne soit pas ridiculement disproportionné à sa valeur. Les services qu'il rend ne se paient pas, du reste, avec de l'argent ; et je ne fais que traduire l'impression de tous ceux qui l'ont vu à l'œuvre, en exprimant à tout le personnel du Bureau international des Poids et Mesures, à son Directeur, M. Benoît, et à ses collaborateurs, MM. Chappuis, Guillaume et Maudet, l'admiration et la reconnaissance du Gouvernement de la République.

» Je n'aurai pas la témérité, devant un auditoire tel que le vôtre, d'aborder les problèmes scientifiques qui constituent la substance même du programme de la Conférence. Je resterai dans mon rôle en vous annonçant que, pour se

conformer à l'avis de notre Bureau national des Poids et Mesures, le Gouvernement français saisira le Parlement d'un projet de loi destiné à consacrer, comme bases du Système métrique, le Mètre international et le Kilogramme international sanctionnés par la Conférence de 1889, qui sont déposés dans ce Pavillon, et comme étalons légaux, les copies des prototypes internationaux déposées aux Archives nationales.

» Il me reste à vous remercier d'avoir si aimablement accueilli un profane, qui gardera de son passage au milieu de vous, dans ce paisible asile de la Science, un durable et réconfortant souvenir. C'est un beau spectacle et utile que celui de savants réunis de toutes parts pour communier dans une commune croyance à la force invincible de la Science, et pour élaborer une œuvre dont profite le monde entier.

» Il faudrait être bien léger, ou bien insensible, pour ne pas emporter, d'une telle réunion, une foi plus profonde dans le progrès indéfini de l'humanité, une volonté plus ferme de servir, à son rang, dans la mesure de son intelligence et de ses forces, la cause universelle de la vérité et de la justice. »

M. FOERSTER, Président du Comité international, chargé de la convocation de la Conférence, remercie M. le Ministre dans les termes suivants :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

» Au nom de MM. les Délégués et du Comité international, je suis heureux de saluer votre Excellence à la troisième séance de la Conférence générale que vous voulez bien honorer de votre présence.

» C'est avec un sentiment de gratitude et de satisfaction très profond que nous recevons le Chef supérieur du Service des Poids et Mesures de France, parmi les représentants des Services nationaux des Poids et Mesures et les représentants de la Métrologie scientifique des divers pays; et nous osons espérer que cette collaboration, pour ainsi dire honoraire, de votre Excellence à notre institution internationale, sera regardée partout comme un hommage aux grands principes de l'organisation de la communauté humaine, en tout ce qu'elle a de véritablement commun, et en même temps comme un hommage à la haute valeur morale et idéale de la mesure et de l'exactitude, qui constituent, aussi dans la vie sociale, une des bases de la vérité et de la justice. »

M. le MINISTRE répond qu'il a été heureux d'apporter un nouveau gage de son estime à MM. les Délégués et de l'attachement du Gouvernement de la République à l'œuvre commune. Il est également heureux d'annoncer qu'il aura

l'honneur de présenter, mercredi, MM. les Membres de la Conférence à M. Loubet, Président de la République.

M. BENOÎT, Directeur du Bureau international, exprime à M. le Ministre, en son nom et en celui de ses collaborateurs du Bureau, toute sa reconnaissance pour les paroles aimables dont il a bien voulu honorer le personnel du Bureau. Ce témoignage flatteur lui sera un nouvel encouragement dans l'accomplissement de sa tâche.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Secrétaire pour la lecture du compte rendu de la deuxième séance, qui est adopté à l'unanimité et sans observations.

M. le SECRÉTAIRE donne ensuite lecture de la dépêche suivante de M. Gustavo Baz, délégué du Mexique à la Conférence :

« Empêché d'assister à la séance d'aujourd'hui, je vous prie de dire à M. le Président de la Conférence que je donne mon vote affirmatif pour la fondation de la Caisse de secours et de retraites pour le personnel du Bureau et d'un fonds de réserve. »

L'ordre du jour appelant la ratification de la fondation de la Caisse de secours et de retraites, M. le Secrétaire met sous les yeux de MM. les Délégués le texte du projet, conçu ainsi qu'il suit :

### PROJET DE RÈGLEMENT

#### concernant l'organisation d'une Caisse de retraites

EN FAVEUR DU PERSONNEL DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
ET L'INSTITUTION D'UN FONDS DE RÉSERVE POUR CE BUREAU.

#### Caisse de retraites.

ART. 1. — Tout fonctionnaire ou employé du Bureau international des Poids et Mesures qui, après dix ans de service, deviendrait, par suite d'infirmités, de maladies ou d'affaiblissement de ses forces, incapable de continuer à remplir ses fonctions, recevra une pension de retraite, calculée sur la base du quart de la moyenne des sommes annuelles qu'il aura touchées dans les six dernières années, à titre de traitement ou d'indemnité, augmenté d'un centième de cette moyenne pour chaque année de service au delà de dix ans. Toutefois cette pension ne pourra pas être supérieure à la moitié de ladite moyenne, et ne dépassera en aucun cas 6000<sup>fr.</sup>

ART. 2. — Tout fonctionnaire ou employé du Bureau international des Poids et Mesures aura également droit à une pension de retraite calculée sur les bases fixés

dans l'Art. 1, si, après avoir accompli sa soixantième année d'âge et sa trentième année de service dans le Bureau, ou après avoir accompli sa soixante-cinquième année d'âge et au moins sa dixième année de service dans le Bureau, il demande à se retirer, alors même qu'il ne justifierait pas de l'incapacité prévue dans l'Art. 1 pour la cessation de ses fonctions avant les limites d'âge fixées ci-dessus.

ART. 3. — En cas de décès d'un des fonctionnaires ou employés du Bureau qui a plus de dix ans de service et laisse une veuve, avec ou sans enfants, il sera accordé à la veuve une pension qui sera égale au tiers de celle que le défunt touchait ou à laquelle il aurait eu droit, d'après les Art. 1 et 2, à l'époque de sa mort. Par conséquent cette pension ne devra, dans aucun cas, dépasser la somme de 2000<sup>fr</sup>; d'autre part, elle ne pourra être inférieure à 500<sup>fr</sup>. Si le défunt ne laisse pas de veuve, mais un ou plusieurs enfants n'ayant pas encore dépassé la dix-huitième année, il sera versé en mains de leurs tuteurs une allocation annuelle qui sera, pour deux enfants ou plus au-dessous de l'âge indiqué, égale aux trois quarts de la pension annuelle qui aurait été accordée à la veuve, et, pour un seul enfant au-dessous de dix-huit ans, égale à la moitié de ladite pension.

ART. 4. — Les pensions et allocations définies dans les Art. 1 à 3 seront servies, par le Comité international des Poids et Mesures, au moyen des ressources suivantes :

1° Une somme de 25000<sup>fr</sup>, une fois versée, qui formera, avec les intérêts à accumuler, la base de la caisse de ces pensions de retraite; ce capital ne pourra pas être entamé pour servir aux versements des pensions;

2° Des contributions annuelles à fournir à la Caisse de retraites par les fonctionnaires ou employés du Bureau eux-mêmes, et qui seront calculées sur la base de 2 pour 100 du total de leurs traitements ou indemnités fixes annuelles;

3° Une partie, à fixer par le Comité, des recettes provenant des taxes de vérification, qui, suivant l'Art. 15 du Règlement de la Convention du Mètre, doivent être affectées au perfectionnement du matériel scientifique du Service international. Toutefois la part contributive annuelle de cette source de recettes en faveur de cette Caisse de retraites ne doit pas dépasser 1000<sup>fr</sup>.

ART. 5. — Sous le contrôle du Comité et sous la haute surveillance des Conférences générales, le bureau du Comité est chargé de l'administration et du placement, dans les meilleures conditions possibles, du fonds de 25000<sup>fr</sup> et des sommes accumulées par les intérêts composés, ainsi que par les ressources indiquées dans les nos 2 et 3 de l'Art. 4, avec leurs intérêts composés.

Le fonctionnaire ou l'employé qui quitterait volontairement le service du Bureau, sans que les conditions des Art. 1 et 2 fussent remplies, aurait le droit de demander la restitution du total de ses contributions, toutefois les intérêts non compris.

ART. 6. — Si, dans l'avenir, les ressources énumérées dans l'Art. 4, en tenant compte des restrictions contenues dans l'Art. 5, ne suffisaient pas pour satisfaire complètement aux engagements contractés par les Art. 1, 3 et 5, le Comité serait autorisé à recourir, sans que les contributions des États signataires puissent être augmentées, aux ressources réglementaires du Service international des Poids et Mesures, en utilisant des économies qu'on serait en état de réaliser dans différents chapitres des dépenses.

## Fonds de réserve.

ART. 7. — Il est mis, en outre, à la disposition du Comité international un fonds permanent de réserve de 6000<sup>fr</sup>, destiné à couvrir temporairement les dépenses urgentes de l'administration du Bureau international des Poids et Mesures, dans les cas où, par suite de retards dans le versement des contributions, on aurait besoin d'y recourir.

Après la rentrée des versements retardés, les avances que le fonds aura faites provisoirement lui seront chaque fois immédiatement restituées.

M. FOERSTER, Président du Comité international, fait l'exposé suivant sur l'historique de ce projet :

« Nous rappelons, à propos de cet article de l'ordre du jour, que le projet de Règlement pour l'institution dont il s'agit, élaboré d'après les recommandations de la Conférence de 1895 et d'après les délibérations unanimes du Comité, a été porté à la connaissance de tous les Gouvernements et a rencontré un assentiment général, sans aucune exception. (*Voir en particulier les Procès-verbaux des séances de 1899, p. 131-134.*) Il a paru seulement à quelques-uns des Hauts Gouvernements que, vu la proximité de la prochaine Conférence, il serait préférable de laisser à celle-ci la mission de statuer définitivement sur cette importante question, et de différer jusqu'à sa réunion la mise en vigueur de ce Règlement. En conséquence, les Hauts Gouvernements ont été priés de vouloir bien munir leurs Délégués de l'autorisation de voter, d'une façon définitive, la ratification de la fondation de la Caisse de secours et de retraites et du fonds de réserve, sur la base d'une partie des ressources extraordinaires provenant des rentrées d'anciennes contributions arriérées, et il s'agira donc aujourd'hui d'émettre ces votes de ratification, conformément au projet qui a été soumis à leur approbation. »

M. ROUSSEAU, délégué de la Belgique, tout en appuyant le projet comme un minimum, fait la déclaration suivante :

« Dans la Lettre par laquelle M. le Ministre de l'Industrie et du Travail veut bien m'annoncer qu'il me confie la mission de représenter le Gouvernement belge à la Conférence internationale des Poids et Mesures, M. le Ministre s'exprime au sujet de cette question dans les termes suivants :

« Vous remarquerez, Monsieur le Président, que cette convocation invite les Hauts Gouvernements à se prononcer définitivement, par l'organe de leurs délégués à la Conférence, sur la fondation d'une caisse de secours et de retraites pour le personnel du Bureau international de Sèvres et d'un fonds de réserve destiné à garantir le fonctionnement régulier de ce Bureau.

« Conformément à l'avis exprimé par vous dans votre Rapport du 9 juin 1895,

je me rallie entièrement à l'idée de créer l'institution de prévoyance dont il s'agit, et je vous délègue l'autorisation de ratifier par votre vote les voies et moyens qui seront proposés à cet effet.

« J'adhère donc à la proposition du Comité international. »

« J'ajoute que l'avis exprimé dans le Rapport auquel M. le Ministre fait allusion, Rapport antérieur à la réunion de la deuxième Conférence, a été émis dans la pensée que les Gouvernements pourraient être appelés à intervenir pécuniairement dans la création projetée; et, personnellement, j'émets le vœu que, dans l'avenir, cette intervention permette d'assurer, aux Membres du personnel scientifique du Bureau arrivés à un certain âge ou ayant un certain nombre d'années de service, une pension représentant, non une fraction, mais l'intégralité de leur traitement, c'est-à-dire l'éméritat tel qu'il existe en Belgique pour les magistrats et pour les professeurs de l'enseignement supérieur. »

M. HEPITES déclare que, pour sa part, il s'associerait bien volontiers à l'initiative de M. Rousseau, d'autant plus que, dans son pays, les fonctionnaires ont droit, comme retraite, à l'intégralité de leur traitement après trente ans de service. Mais il sait que les ressources disponibles ne permettent pas, actuellement, d'étendre ainsi la mesure proposée. Il accepte le vœu formulé par M. Rousseau, mais votera pour le moment le projet plus modeste présenté par le Comité.

M. le PRÉSIDENT dit que le Compte rendu recueillera exactement l'expression de ces vœux.

Il met ensuite aux voix l'ensemble du projet pour la Caisse de secours et de retraites dans les termes proposés par le Comité.

Ce projet est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT constate que l'ordre du jour appelle le renouvellement par moitié du Comité international, et il donne la parole à M. le Secrétaire, pour indiquer les formalités du vote.

M. BLASERNA explique que le renouvellement par moitié du Comité international doit avoir lieu au scrutin secret. L'art. 8 du Règlement de la Convention stipule que les membres sortants seront d'abord ceux qui, en cas de vacances, auront été élus provisoirement dans l'intervalle entre deux sessions de la Conférence, et que les autres seront désignés par le sort. Les Membres sortants sont rééligibles.

Il résulte donc de ces stipulations que, le nombre des Membres du Comité

étant de 14, en outre du Directeur du Bureau, qui en fait partie de droit, il y a lieu de procéder aujourd'hui à l'élection de 7 Membres. Sur ce nombre de 7, 4 Membres sont soumis à la réélection comme ayant été provisoirement élus par le Comité. Ce sont : MM. Blaserna, Cornu, Hasselberg et Michelson. Il y a ensuite à remplacer M. Hirsch, décédé le 16 avril dernier. D'autre part, M. Mendeleeff, au grand regret du Comité, s'est vu obligé de donner sa démission, à cause de son âge et de l'état de sa santé.

Il ne restait qu'un seul Membre sortant à désigner par le tirage au sort, qui a eu lieu, au sein du Comité, dans la séance du 12 octobre, entre MM. Arndtsen, d'Arrillaga, de Bodola, Chaney, Foerster, Hepites, von Lang, de Macedo. Le nom désigné par le sort a été celui de M. de Macedo.

M. le PRÉSIDENT déclare, en conséquence, que 5 des Membres à nommer sont rééligibles et qu'il y a deux vacances à combler. Les 7 noms doivent être inscrits sur le même bulletin.

Le scrutin étant ouvert, les bulletins sont recueillis, et M. le Président, ayant procédé au dépouillement, proclame les résultats suivants :

Nombre des États ayant voté.. . . . .	18 voix
M. EGOROFF. . . . .	18 »
M. GAUTIER. . . . .	18 »
M. MICHELSON. . . . .	18 »
M. BLASERNA.. . . . .	17 »
M. CORNU. . . . .	17 »
M. HASSELBERG.. . . . .	17 »
M. DE MACEDO. . . . .	17 »

M. le PRÉSIDENT proclame, en conséquence, comme nouveaux Membres du Comité : MM. BLASERNA, CORNU, EGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, DE MACEDO et MICHELSON.

M. le PRÉSIDENT invite le nouveau Comité à vouloir bien se réunir après la séance de la Conférence, pour se constituer.

L'ordre du jour appelle le projet de revenir au budget de 100000<sup>fr</sup> pour le Service international des Poids et Mesures.

M. FOERSTER, en sa qualité de Président du Comité, fait l'exposé suivant :

« En ce qui concerne la question du budget pour le Service international des Poids et Mesures, il faut se rappeler que, d'après l'article 6 du Règlement de la Convention, jusqu'à la distribution des nouveaux prototypes, c'est-à-dire dans

la période qui s'est étendue de 1875 à 1889, le budget annuel pouvait être porté et a été effectivement porté régulièrement, sans exception, à la somme de 100000<sup>fr.</sup> A partir de cette dernière date, la Convention avait prévu, dans le même article, une réduction de ce budget à 50000<sup>fr.</sup> Mais la Conférence générale de 1889 reconnut unanimement l'impossibilité de poursuivre avec des moyens aussi restreints les travaux scientifiques qui, d'après l'article 6 de la Convention, incombent au Bureau international. L'expérience de la première période, terminée par la distribution des prototypes, avait déjà fourni la preuve évidente que la haute précision, indispensable pour les travaux d'une institution centrale et fondamentale comme la nôtre, exigeait le maintien d'une certaine supériorité des appareils et des méthodes, aussi bien que d'un personnel scientifique d'une compétence et d'un dévouement assurés, et qu'une restriction exagérée des moyens disponibles pour ces travaux aboutirait bientôt à altérer gravement le caractère de l'institution, et même, en la privant de ressources suffisantes, à rendre peu sérieusement productives des dépenses réduites à l'excès.

» En 1889, le programme considérable des travaux métrologiques de premier ordre qui devaient incomber encore au Bureau international, à la suite de la confection et de la distribution des prototypes, et, après mûr examen, d'une manière permanente dans un avenir indéfini, a donc paru justifier encore, jusqu'à la fin de l'année 1892, la continuation du régime budgétaire de la première période et, à partir de l'année 1893, au moins la conservation de la limite inférieure du budget initial, c'est-à-dire de 75000<sup>fr.</sup>, comme budget annuel normal. Cette manière de voir a été, en effet, admise par la Conférence générale, et a reçu l'assentiment général de tous les Hauts Gouvernements contractants.

» La plus stricte économie dans l'administration du Bureau, et un dévouement tout à fait exceptionnel de la part des trois savants qui forment le noyau du personnel de notre institution, ont rendu possible de se contenter de ce budget pendant les neuf dernières années; non toutefois sans avoir eu besoin d'une contribution extraordinaire, sur la base de l'article 21 du Règlement de la Convention, pour un certain nombre de travaux et certaines installations qui étaient prévus, d'une manière générale, dans les attributions du Service international des Poids et Mesures, mais dont les frais dépassaient considérablement les moyens disponibles. Il a fallu encore, néanmoins, restreindre d'une manière sensible les publications régulières des travaux scientifiques, afin de pouvoir réserver et accumuler quelques ressources pour un certain nombre de réparations dans les bâtiments et d'améliorations dans les installations du Bureau, dont le besoin devenait de plus en plus urgent d'année en année.

» Il convient de considérer, en outre, que le matériel scientifique originel du Bureau, c'est-à-dire les beaux et coûteux instruments ou appareils créés lors

de son organisation, et employés depuis lors pour un service continu, ont subi jusqu'à un certain degré les atteintes inévitables du temps et de l'usure. Certains d'entre eux ont été dépassés, depuis cette époque, par les progrès de la science et des arts techniques. La nécessité s'impose de les modifier, de les améliorer, d'en remplacer même quelques-uns. Il est évident que, pour ne pas déchoir et descendre à un rang inférieur, pour pouvoir continuer les travaux sur la même échelle et avec l'autorité indispensable, il faut qu'on se maintienne constamment à la hauteur des perfectionnements réalisés ou sans cesse recherchés dans ce domaine.

» Les problèmes connexes avec le travail métrologique fondamental, c'est-à-dire avec la création, la conservation et la vérification périodique des prototypes et de leurs témoins, ainsi qu'avec l'établissement de leurs relations avec certains phénomènes naturels fondamentaux, comme les longueurs d'ondes lumineuses, ont exigé une extension de plus en plus considérable des travaux et études dont le Bureau a dû se charger. Il suffit, pour s'en rendre compte, de se souvenir de l'importance prise par les recherches qui ont abouti, pour ainsi dire, à une transformation de la thermométrie de précision; des nombreuses comparaisons de règles géodésiques, qui ont fait disparaître en grande partie les anciens écarts entre les réseaux trigonométriques des différents pays; de l'établissement et de la distribution des étalons décimétriques normaux, à propos desquels le dernier rapport du Directeur au Comité a déjà signalé l'accueil empressé qu'ils ont trouvé de la part des Gouvernements et des institutions scientifiques, et qui devront être suivis prochainement de la vérification de pièces en platine iridié constituant, d'une manière analogue, des étalons normaux des subdivisions décimales du kilogramme; des études fructueuses qui ont été déjà faites sur les métaux et les alliages les plus appropriés pour la confection d'étalons de poids et mesures de divers genres et de différents degrés de précision, études qui ont conduit à la découverte des propriétés thermiques, élastiques et magnétiques des alliages d'acier-nickel, si remarquables au double point de vue théorique et pratique, et qui doivent encore fournir à l'activité de notre institution, dans un avenir prochain, un champ de recherches nouvelles, approfondies et étendues, dans l'intérêt de la science et de la technique de tous les pays, en vue d'applications diverses et importantes à la Géodésie, à la Navigation, et d'autres encore, parmi lesquelles nous citerons seulement les mesures des bases trigonométriques au moyen de règles ou de fils presque exempts de dilatation. A l'énumération précédente il convient d'ajouter encore le grand et difficile travail sur le rapport entre le litre et le décimètre cube, non achevé, et qui se poursuit encore actuellement. »

M. FOERSTER conclut, de ces diverses considérations, que la Conférence doit

être appelée à recommander aux Hauts Gouvernements contractants d'approuver, à partir de l'exercice 1902, le retour à l'ancien budget de 100 000<sup>fr</sup>, qui avait été accordé au Service international pendant les quatorze premières années de son fonctionnement.

M. ROUSSEAU est d'avis que la recommandation proposée par M. Foerster pourrait même être remplacée par une demande de vote définitif. En effet, en ce qui le concerne, il a reçu de la part de son Gouvernement les instructions suivantes :

« Le dernier point qui figure à l'ordre du jour de la Conférence se rapporte au projet de revenir au budget de 100 000<sup>fr</sup> pour le Service international des Poids et Mesures.

» Vous trouverez ci-annexée une Note du 22 juin dernier, du Comité international, qui constitue l'exposé des motifs de ce projet.

» Eu égard aux considérations émises dans cette Note, j'estime qu'il y a lieu d'adopter la proposition du Comité; et, persuadé d'ailleurs d'être d'accord avec vous sur ce point, je vous prie de bien vouloir, le cas échéant, émettre à ce sujet un avis favorable. »

M. BLASERNA explique que les conditions dans lesquelles se trouvent MM. les Délégués, au sujet de ce vote, ne sont pas identiques. Quelques Gouvernements, comme celui de la Hongrie par exemple, ont donné à leurs Délégués pleins pouvoirs pour un vote favorable et définitif; d'autres, comme le Gouvernement belge et celui d'Italie, ont aussi donné mandat d'émettre un avis favorable, tout en se réservant, comme dans des circonstances analogues, la décision définitive; d'autres encore, comme les Gouvernements de l'Allemagne et celui du Danemark, ont autorisé leurs Délégués à donner un avis favorable sous réserve qu'il y ait unanimité dans les votes. Quelques Gouvernements, enfin, ne se sont pas encore prononcés, et quelques-uns même ne sont pas représentés.

En tout cas, un vote, dans ces conditions, ne saurait avoir le caractère définitif; et si, comme il est probable, la Conférence émet un avis nettement favorable, il y aura toujours lieu de demander aux Gouvernements, représentés ou non dans cette séance, une décision définitive qui doit être, comme on sait, unanime pour recevoir son application.

M. BLASERNA croit donc que la Conférence doit être appelée à déclarer par *oui* ou par *non* si elle estime nécessaire, dans l'intérêt de l'institution internationale, le retour à l'ancienne dotation annuelle de 100 000<sup>fr</sup>.

M. le PRÉSIDENT considère qu'après ces explications on pourrait poser la question sous la forme suivante :

« La Conférence est d'avis qu'il est nécessaire de revenir à l'ancien budget de 100 000<sup>fr.</sup>. »

MM. FOERSTER et BLASERNA déclarent accepter cette formule très claire.

M. le PRÉSIDENT déclare qu'il va être procédé au vote par États.

M. le SECRÉTAIRE fait l'appel des États.

Répondent par *oui* : l'ALLEMAGNE, l'AUTRICHE, la HONGRIE, la BELGIQUE, le DANEMARK, l'ESPAGNE, les ÉTATS-UNIS DE L'AMÉRIQUE DU NORD, la FRANCE, l'ITALIE, le JAPON, le PORTUGAL, la ROUMANIE, la RUSSIE, la SUÈDE, la NORVÈGE, la SUISSE.

Déclarent s'abstenir : la GRANDE-BRETAGNE, la SERBIE.

Ne sont pas représentés à la séance : le MEXIQUE, dont le délégué, M. Baz, s'est fait excuser; la CONFÉDÉRATION ARGENTINE et le PÉROU, qui n'ont pas désigné de Délégués.

M. le PRÉSIDENT proclame, en conséquence, le résultat suivant du vote émis :

États votants. . . . .	18
Ont voté pour le retour à l'ancien budget de 100 000 <sup>fr.</sup> . . . . .	16
Se sont abstenus. . . . .	2

A la prière de M. FOERSTER, M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Guillaume pour communiquer, de la part du Comité, un rapport sur l'état de la législation concernant les prototypes internationaux dans les différents pays qui ont adhéré à la Convention du Mètre.

M. GUILLAUME lit le rapport suivant :

« La législation concernant les Poids et Mesures ne peut pas être immuable; elle doit s'adapter aux besoins du commerce, de l'industrie et de la science de chaque époque, et doit même, en quelque sorte, les précéder et les préparer.

» A un moment donné, la définition d'une unité doit être si parfaite que les procédés de mesure les plus précis ne puissent déceler l'influence d'aucun facteur qui n'y soit nommé.

» C'est à cette préoccupation qu'a obéi le Comité international lorsque, à diverses reprises, il a recommandé à la Conférence de nouvelles définitions; et,

dans la présente session, il s'est encore inspiré de cette idée pour donner une définition de l'unité de volume plus précise que celles qui avaient jusqu'alors prévalu. Les législations d'autrefois spécifiaient que l'eau devait être prise à son maximum de densité, et tenaient compte, par conséquent, des variations considérables que le volume du kilogramme d'eau éprouve du fait du changement de la température; mais elles laissaient de côté l'action de la pression qui, dans les limites usuelles, est incomparablement moindre.

» Les variations ordinaires de la pression atmosphérique modifient de quelques millièmes le volume du kilogramme d'eau, quantité bien mesurable par des pesées hydrostatiques. Le calcul nous montre aussi que ces variations de pression agissent certainement sur la longueur du mètre étalon; mais leur action est relativement cent cinquante fois plus faible environ et n'est pas encore décelable par les mesures les plus précises. La définition du mètre, telle qu'elle a été donnée en tenant compte seulement de la température de l'étalon, et en ajoutant, peut-être dans un avenir prochain, ce qui jusqu'à présent était convenu tacitement, qu'elle se rapporte à la position horizontale du dit étalon, est donc parfaitement suffisante aujourd'hui; mais il n'est pas certain qu'elle le sera encore dans un demi-siècle. On en sera quitte alors pour y ajouter la valeur de la pression, ou de tel autre facteur dont on aurait pu, dans l'intervalle, découvrir l'influence. Dès maintenant, nous pouvons affirmer que l'action de ces divers facteurs, connus ou inconnus, sera d'un ordre bien inférieur au millionième.

» Si nous envisageons l'ensemble des législations sur les poids et mesures, nous y constatons une tendance constante vers une plus grande netteté dans les définitions. Tandis que, dans le premier tiers du siècle qui vient de finir, on s'attachait fréquemment à assurer la permanence d'une unité par une double définition, dans les dernières décades, au contraire, on a cherché à éviter toute équivoque et à se limiter à un texte unique.

» C'est ainsi que le Mètre est resté défini pendant longtemps à la fois en relation avec les dimensions de la terre et par la longueur du Mètre des Archives. Le Yard était donné par l'étalon impérial et par la longueur du pendule battant la seconde à Londres. Le Pied prussien était défini par sa relation numérique avec la ligne de Paris, et aussi par un étalon national. Enfin la Sagène russe était indiquée comme égale à 7 pieds anglais et était en même temps représentée par des étalons propres à la Russie. Puis, à une époque plus récente, nous voyons le Mètre rattaché uniquement au prototype des Archives, le Yard à l'impérial Standard, le Pied prussien à l'étalon établi par Bessel, en se conformant aussi bien que possible à la relation numérique légale jusque-là; enfin la Sagène aux étalons réalisés par Kupffer et déduits des étalons britanniques.

» La réforme du Système métrique, opérée en exécution des décisions de la

Commission du Mètre de 1872 et de la Convention du 20 mai 1875, procède d'une idée analogue. Le Mètre des Archives avait été au commencement parfaitement suffisant; mais plus la science progressait, plus on arrivait près de la limite de précision qu'il ne permettait pas de dépasser. On convint donc de le copier aussi exactement que possible, mais de donner aux nouveaux étalons une construction telle que la valeur en soit définie dans les limites de la précision des meilleures mesures. La réalisation de ces étalons et leur comparaison sont l'œuvre principale poursuivie au Bureau sous la haute surveillance du Comité international.

» A la suite de la distribution des étalons sanctionnés par la Conférence de 1889, diverses législations sur les Poids et Mesures furent modifiées de manière à correspondre au nouvel état de choses; et, en même temps, la plupart d'entre elles adoptaient une terminologie en rapport avec les nouvelles notions de la Physique, dans lesquelles, pour ne citer qu'un exemple, on établit une distinction absolue entre la quantité de la matière et l'effort qu'elle exerce sur le plateau de la balance qui la supporte.

» Les physiciens ont imaginé un système complet d'unités, dans lequel les grandeurs dérivant de la force sont définies tout à fait indépendamment de l'attraction de la terre. Cependant, cette attraction exercée par la terre sur les masses procure des forces d'un usage commode, et dont la valeur peut être mesurée en tout lieu avec une grande précision. Et si même ces unités sortent du système, on ne peut méconnaître leur caractère pratique et les avantages qui peuvent, dans bien des cas, résulter de leur emploi. C'est pourquoi, à côté de l'unité de force des physiciens, les législations peuvent et doivent même admettre les unités de force dont les attractions terrestres nous donnent l'étalon. Cette adoption est peut-être passagère, et les unités en question sont probablement destinées à disparaître, mais on n'en est pas moins obligé de tenir compte d'un état de fait; et le rôle d'une législation nouvelle sera de réglementer l'emploi de ces unités de force, de manière à leur donner, pendant qu'elles ont encore droit à l'existence légale, toute la précision compatible avec leur emploi.

» Ce sont ces considérations qui ont engagé le Comité international à admettre encore une unité de poids qui n'est autre qu'une unité secondaire de force, et de laquelle on pourra déduire une unité parfaitement définie du travail; en d'autres termes, une valeur normale du kilogrammètre doit être adoptée, en attendant son remplacement par le joule ou le watt-seconde ou plutôt le kilowatt-seconde, d'un usage déjà presque universel pour toute une catégorie d'applications industrielles.

» La législation autrichienne nous donne un exemple de réglementation de l'unité de force et de l'unité de puissance des machines par une définition irréprochable de ce qu'on est encore convenu d'appeler le *cheval-vapeur*.

» Au point de vue de la terminologie, un certain nombre de lois récentes sont parfaitement correctes, en ce sens que les expressions par lesquelles les unités sont désignées sont exactement conformes à l'état actuel de la science. Dans d'autres, il règne encore une certaine ambiguïté, qui porte notamment sur les expressions *masse* et *poids*, les deux notions étant, comme nous venons de le voir, considérées, dans plus d'un cas, comme équivalentes. Le but d'une déclaration, qui sera soumise à l'approbation de la Conférence dans la séance de ce jour, sera d'attirer l'attention des législateurs sur le double emploi de ces termes, et d'en réglementer parfaitement la signification.

» L'étude du détail des législations relatives au Système métrique nous entraînerait trop loin ; on en trouvera les éléments dans une publication que le Comité international a décidé d'entreprendre, et, pour le moment, le résumé qui en a été donné dans un Mémoire présenté à la Conférence sera à peu près suffisant.

» J'en extrairai seulement les indications sommaires suivantes :

« Parmi les vingt et un États qui contribuent actuellement à l'entretien du Bureau international, il en est huit qui, à la fois, possèdent le Système métrique obligatoire et dans lesquels les étalons internationaux ont été expressément définis dans les lois nouvelles ; ce sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Hongrie, la Belgique, l'Espagne, l'Italie, le Mexique et la Suède ; dans deux États, la Norvège et la Suisse, où le Système métrique est obligatoire, ces étalons avaient été légalisés par avance, et ont été, lors de leur réception, mentionnés dans des rapports administratifs.

» En France, une loi portant la reconnaissance des nouveaux étalons va être soumise au Parlement.

» Aux États-Unis d'Amérique, dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, en Russie, où le Système métrique n'est pas encore obligatoire, les nouveaux étalons ont été légalisés pour leur emploi facultatif.

» Dans la Confédération Argentine, au Japon, en Portugal, en Roumanie et en Serbie, les nouveaux étalons sont entrés dans l'usage, sans cependant que la loi ait été encore modifiée. Le Pérou n'a pas reçu d'étalons nouveaux ; et le Danemark, n'ayant pas encore reconnu l'existence légale du Système métrique, n'a pas eu l'occasion de sanctionner ceux qui lui sont échus en partage.

» Il n'est pas inutile, toutefois, de dire que, en tous pays, les mesures scientifiques sont rapportées au Mètre et au Kilogramme internationaux par l'intermédiaire des étalons issus du Bureau international ; et si même l'existence légale des nouveaux étalons n'a pas été définitivement établie, au moins on peut dire que l'unification de fait, résultant de leur distribution, est parfaitement accomplie. »

M. FOERSTER propose de relier immédiatement au rapport de M. Guillaume la discussion et le vote sur la déclaration concernant l'unité de poids et l'unité de masse (n° 4 de l'ordre du jour).

Cette demande ayant été approuvée par M. le Président et adoptée par la Conférence, M. Foerster tient seulement à ajouter aux explications de M. Guillaume quelques paroles sur la grande utilité d'une telle déclaration, dans l'intérêt de l'homogénéité des législations sur les Poids et Mesures, ainsi que dans l'intérêt des procédés et déterminations numériques de la Mécanique industrielle et des ingénieurs. Au nom du Comité, qui s'est occupé, en plusieurs séances, de la rédaction assez délicate et difficile du projet de la formule présentée à la Conférence, M. Foerster déclare encore qu'il n'a été aucunement dans l'intention du Comité de vouloir imposer une telle formule aux législations comme une espèce de prescription. En premier lieu, la rédaction soumise à la Conférence est destinée à procurer, au Service international des Poids et Mesures lui-même, la sanction définitive et explicite de la Conférence, concernant la distinction entre la masse et le poids déjà préalablement adoptée par le Comité, et en partie déjà par la première Conférence. En second lieu, cette formule pourra servir très utilement comme une des bases fondamentales aux déterminations métrologiques des différents pays, recommandée par la haute autorité de la Conférence, mais sans préjudice des délibérations des autorités nationales, dont les décisions dépendront toujours d'importantes considérations d'une autre nature.

Le Comité reconnaît, en outre, pleinement que, par les bases nouvelles et plus générales des déterminations dynamiques, comme par les bases du système C.G.S., l'ancienne terminologie contenant le poids, unité composée d'une masse et d'un effort d'accélération, comme dans l'unité d'énergie nommée le *mètre-kilogramme*, est, en effet, condamnée finalement à disparaître; mais nous sommes d'avis que, actuellement, un Comité des Poids et Mesures ne peut pas encore se soustraire au devoir d'assurer et de préciser, autant que possible, l'application, encore existante dans la Mécanique industrielle, du terme *poids* et des unités soi-disant de poids, et en même temps de diminuer, autant que possible, les désavantages de l'identification confuse existant, dans la pratique ordinaire, entre les termes de *poids* et de *masse*.

M. FOERSTER lit le projet suivant de la déclaration en question :

Considérant la décision du Comité international du 15 octobre 1887, par laquelle le kilogramme est défini comme étant l'unité de masse du Système métrique;

Considérant la décision contenue dans la formule de sanction des prototypes du Système métrique adoptée à l'unanimité par la Conférence générale des Poids et Mesures, dans sa réunion du 26 septembre 1889;

Considérant la nécessité d'éviter tout défaut d'interprétation au sujet de la distinction qu'il faut établir entre la masse, quantité de matière, et le poids, envisagé comme grandeur de la nature d'une force;

*La Conférence déclare :*

« Le kilogramme est l'unité de masse; il est représenté par la masse du prototype international du kilogramme;

» L'unité de poids est le poids du kilogramme soumis, dans le vide, à l'action de l'intensité normale de la pesanteur. »

M. MAREK fait à ce sujet la Communication suivante :

« Permettez-moi, Messieurs, de prendre la parole sur la question qui nous occupe en ce moment et qui me paraît extrêmement importante et délicate en même temps. Je tâcherai d'être bref et de ne pas trop abuser de votre patience.

» La proposition du Comité international se divise en deux parties bien distinctes :

» Par l'énoncé de la première partie, l'*unité de masse* a la dénomination *kilogramme*.

» La deuxième partie déclare que le poids d'un kilogramme ( tout en étant de la nature d'une force ) doit servir d'*unité de poids*, c'est-à-dire d'*unité de force*.

» L'unité de force doit donc porter la même dénomination que l'unité de masse, quoique les conceptions de la masse et de la force soient tout à fait différentes et indépendantes l'une de l'autre.

» Par la première Conférence générale, le kilogramme a été déclaré comme unité de masse, conformément à l'usage universellement adopté dans les sciences exactes. La susdite Conférence en a fixé la représentation matérielle.

» Chez nous, en Autriche, cette définition est non seulement, depuis 1893, la définition légale du kilogramme, mais est aussi introduite dans l'instruction publique; et, aussi bien dans les écoles de haute science que dans les gymnases et les lycées, cette définition est adoptée pour l'enseignement des sciences physiques pures et appliquées. Grâce à ces dispositions, la notion du kilogramme, envisagé comme unité de poids, c'est-à-dire comme unité de force, est en voie de disparaître complètement.

» Étant donné que, dans le commerce et dans l'usage journalier, les masses étalonnées représentant les fractions et les multiples du kilogramme portaient jusqu'à présent le nom de *poids*, et qu'il n'était pas prudent de rompre avec une dénomination consacrée par une tradition remontant à plusieurs siècles, la loi autrichienne citée ci-dessus porte que les représentants matériels du kilogramme et de ses multiples ou sous-multiples conservent dans l'usage journalier et dans le commerce la dénomination *poids*.

» La difficulté apparente qui s'oppose à l'introduction de la définition uniquement vraie et pratique du kilogramme a été levée de cette façon d'une manière, à mon avis, assez heureuse.

» Le Comité international, qui compte parmi ses membres, depuis l'origine jusqu'à l'heure qu'il est, les savants les plus compétents en la matière, paraît avoir trouvé quelque difficulté à concilier l'exigence des sciences pures avec la tradition de l'usage journalier.

» Vers 1880 — je ne puis pas citer la date précise, n'ayant pas sous la main les documents y relatifs — le Comité international a déclaré que le kilogramme est l'*unité de poids*.

» Cette décision a été révoquée en 1887, quelques années plus tard, par des raisons des plus sérieuses; et le Comité a déclaré que le kilogramme est l'*unité de masse*, déclaration sanctionnée par la première Conférence générale et conforme à la première partie du projet qui nous occupe, c'est-à-dire de la partie dont j'ai parlé au début.

» Aujourd'hui, le Comité international nous présente une proposition pour ainsi dire intermédiaire, où l'on ménage la première définition tout en ne détruisant pas l'autre. Mais une telle solution me paraît présenter de graves inconvénients, comme cela arrive, du reste, presque toutes les fois qu'on essaie de concilier deux conceptions réellement tout à fait différentes et inconciliables.

» Voici la manière de voir qui se présente à mon esprit à ce sujet :

» L'unité de force est déjà nettement définie et dénommée; c'est la *dyne*, créée au milieu du siècle passé par l'Association britannique, et remplacée dans les sciences appliquées, à cause de sa petite valeur absolue, par son multiple la *mégadyne*.

» Cette unité est universellement adoptée; elle est même déjà introduite, en Autriche, dans l'enseignement des gymnases et des lycées.

» Il ne me paraît donc pas indiqué de créer encore une seconde unité de force, inférieure du reste en qualité à la mégadyne, par cette raison que la mégadyne ne contient aucun coefficient arbitraire, tandis que l'unité *kilogramme* contient explicitement un tel coefficient, c'est-à-dire l'intensité normale de la pesanteur.

» Envisageons la question à trois points de vue, du côté des sciences exactes, du côté des sciences physiques appliquées, du côté des exigences du commerce.

» Dans les sciences exactes, on emploie soit la dyne, soit la mégadyne, unités étroitement liées aux unités électriques surtout par des conceptions ingénieuses des mathématiciens de l'Allemagne et de la France.

» Quant aux sciences appliquées, l'unité kilogramme introduirait une ambiguïté dans les formules.

» Considérons, par exemple, la formule classique pour la force centrifuge d'un corps en mouvement. Elle est  $f = m \frac{v^2}{r}$ ,  $m$  étant la masse en kilogrammes,  $v$  la vitesse en mètres par seconde,  $r$  le rayon de courbure de la trajectoire. Cette formule donne la force centrifuge en dixièmes de mégadyne. Si l'on voulait introduire l'unité kilogramme, il faudrait diviser la quantité trouvée par  $g$ , l'accélération de la pesanteur, et le résultat du calcul serait dénommé aussi *kilogramme*, tandis qu'on est parti de la supposition que c'est la valeur de la masse  $m$  qui est exprimée en kilogrammes.

» J'ajoute que, par l'approbation de la seconde partie de la proposition du Comité international, on arrive à la conclusion immédiate qu'un kilogramme d'or juste à Paris et envoyé à Stockholm ne peut plus être reconnu exactement un kilogramme, quoique ni sa masse et partant ni sa valeur n'aient changé.

» Je prends donc la liberté, après avoir consulté MM. Hepites et Rousseau, de faire la proposition suivante : « On devrait déclarer, purement et simplement, que, dans les transactions commerciales, la dénomination *poids* sera conservée pour les corps servant au pesage et représentant le kilogramme et ses multiples ou sous-multiples. »

M. FOERSTER déclare que, malgré l'urgence de statuer sur l'importante question soumise à la Conférence, les observations longuement méditées de M. Marek doivent faire l'objet d'un examen approfondi. Il estime donc que la suite de la discussion pourrait être renvoyée à la prochaine séance, en vue de laquelle la Commission spéciale du Comité aura préparé un projet définitif de résolution, après avoir examiné la question avec M. Marek.

La proposition étant adoptée, M. le Président invite la Conférence à visiter les salles d'observation du Bureau, et à procéder à l'ouverture du caveau des prototypes.

La séance est levée à 4<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.

---

L'ouverture du caveau des prototypes a donné lieu au procès-verbal suivant :

« Le 18 octobre 1901, à 4<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> de l'après-midi, en présence de M. Mille-  
rand, Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, de

MM. les Délégués à la Conférence générale présents à la séance de ce jour, et du personnel scientifique du Bureau international, il a été procédé à la visite du Dépôt des prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

» Conformément à une décision prise dans une précédente séance du Comité, on avait réuni les trois clefs qui ouvrent le Dépôt, et dont l'une reste confiée au Bureau, tandis que la seconde est déposée aux Archives nationales de France, et la troisième aux mains du Président du Comité international.

» Les deux portes de fer du caveau ayant été ouvertes, ainsi que le coffre-fort qui contient les prototypes, on a constaté que ceux-ci, enfermés dans leurs étuis hermétiquement clos, aussi bien que leurs témoins, se sont conservés en parfait état depuis la précédente ouverture du Dépôt.

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

Thermomètre Baudin n° 8568. Température actuelle..	12,0 <sup>o</sup> C.
Thermographe Tonnelot à mercure et alcool, à maxima et minima : Température actuelle.....	12,0
» maxima.....	12,0
» minima.....	7,0
Thermographe bimétallique à maxima et minima : mêmes indications.	
Hygromètre à cheveu.....	97 pour 100

» On a constaté que la pression de l'air, dans le tube de verre fermé contenant le témoin n° 13, était de 1<sup>cm</sup> environ, c'est-à-dire s'était élevée de quelques millimètres depuis la dernière ouverture du Dépôt.

» Ces constatations faites, on a refermé le coffre-fort, ainsi que les portes du caveau, et les trois clefs ont été remises à leurs détenteurs respectifs.

» 18 octobre 1901.

» *Le Directeur du Bureau international,*

» RENÉ BENOÎT. »

## QUATRIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES,

RÉUNIE AU BUREAU INTERNATIONAL AU PAVILLON DE BRETEUIL,

LE MARDI 22 OCTOBRE 1901.

Présidence de M. BOUQUET DE LA GRYE, Vice-Président de l'Académie des Sciences.

Sont présents :

*A. Les Délégués* : MM. ARNDTSEN, d'ARRILLAGA, BAZ, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, CORNU, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, HEPITES, LAGRAVE, VON LANG, PUIGSERVER, DE MACEDO, MARKOVITCH, MAREK, MORLEY, DE NOVALLAS, PRYTZ, RIS, SIEGEL, TAKANOSÉ.

*B. Le directeur du Bureau international* : M. BENOÎT.

*C. Les invités* : MM. le général BASSOT, CHAPPUIS, DELAHOGUETTE, FLEURY, GUILLAUME, GUYOU, MASCART, ROY, SAUVAGE, SIMON, WIDMER.

*Les Délégués* : MM. HASSELBERG, MENDELEEFF, ROUSSEAU, obligés de rentrer dans leur pays, se sont fait excuser de ne pouvoir assister à cette dernière séance.

M. le SECRÉTAIRE donne lecture du Compte rendu de la troisième séance. A ce propos, M. BAZ, Délégué du Mexique, déclare qu'il a regretté de ne pouvoir assister à la précédente séance, mais que, s'il eût été présent, il avait les instructions nécessaires de son Gouvernement pour voter en principe en faveur du retour à l'ancien budget de 100000<sup>fr</sup>, sous réserve de l'approbation définitive de son Gouvernement, dans le cas où il y aurait unanimité de la part des autres États.

M. le PRÉSIDENT fait remarquer que du reste cette réserve est générale.

M. le SECRÉTAIRE est heureux de ce nouveau vote en faveur de cette importante proposition. Le résultat, ainsi complété, sera porté à la connaissance de tous les Gouvernements, qui seront appelés à constituer l'unanimité nécessaire et à ratifier définitivement l'avis de la Conférence.

A la prière de M. le SECRÉTAIRE, M. le DIRECTEUR du Bureau international donne ensuite lecture du procès-verbal, annexé au Compte rendu, de l'ouverture du caveau des prototypes.

Le Compte rendu et son annexe sont approuvés à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT annonce qu'il a eu l'honneur de recevoir, au nom de M. le Président de la République, la lettre suivante de M. le général DUBOIS :

« Paris, le 18 octobre 1901.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» En réponse à votre demande, j'ai l'honneur de vous faire connaître que M. le Président de la République vous recevra, au Palais de l'Élysée, avec MM. les Membres de la Conférence internationale des Poids et Mesures, le mercredi 23 octobre, à 10<sup>h</sup>45<sup>m</sup> du matin.

» J'avertis en même temps M. le Ministre du Commerce, qui aurait l'intention, je crois, de présenter lui-même la Commission.

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

» *Le Général,*

» *Secrétaire général de la Présidence de la République,*

» DUBOIS.

» *A M. Bouquet de la Grye, Membre de l'Institut, Président de la Conférence internationale des Poids et Mesures.* »

M. le PRÉSIDENT est certain de parler au nom de la Conférence tout entière, en exprimant sa gratitude pour la gracieuse attention de M. le Président de la République. Il prie donc MM. les Délégués de se rendre, mercredi matin, à 10<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, au Palais de l'Élysée.

M. le PRÉSIDENT annonce, en outre, qu'à la suite des élections qui ont eu lieu dans la séance précédente de la Conférence pour le renouvellement partiel du Comité international, celui-ci s'est réuni pour sa constitution. Ont été nommés, à l'unanimité, M. W. FOERSTER, *Président*, et M. P. BLASERNA, *Secrétaire* du Comité.

L'ordre du jour porte d'abord sur la discussion définitive au sujet de la déclaration de la Conférence concernant l'unité de masse et l'unité de poids.

M. FOERSTER, Président du Comité international, expose que la Commission

des Instruments et des Travaux du Comité s'est réunie, depuis la dernière séance de la Conférence, et a conféré avec M. Marek, qui avait présenté des observations importantes sur le projet primitif de la déclaration. Elle a chargé M. de Bodola de présenter à la Conférence le nouveau texte, sur lequel l'accord s'est établi.

M. DE BODOLA explique que dans la nouvelle rédaction on a supprimé l'expression *unité de poids*, pour faire cesser l'ambiguïté qui résulte du double sens attribué à ce mot. Le mot *poids* a été retenu uniquement pour les usages de la pratique. En conséquence, il donne lecture du projet de texte suivant :

**Projet de déclaration relative à l'unité de masse et à la définition du poids.**

« Vu la décision du Comité international des Poids et Mesures du 15 octobre 1887, par laquelle le kilogramme a été défini comme unité de masse ;

» Vu la décision contenue dans la formule de sanction des prototypes du Système métrique, acceptée à l'unanimité par la Conférence générale des Poids et Mesures dans sa réunion du 26 septembre 1889 ;

» Considérant la nécessité de faire cesser l'ambiguïté qui existe encore dans l'usage courant sur la signification du terme *poids*, employé quelquefois dans le sens du terme *masse* ;

» *La Conférence déclare :*

« 1° Le *kilogramme* est l'unité de masse ; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme ;

» 2° Le terme *poids* désigne une grandeur de la même nature qu'une *force* ; le poids d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération de la pesanteur ; en particulier, le poids normal d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération normale de la pesanteur ;

» 3° Le nombre adopté dans le Service international des Poids et Mesures pour la valeur de l'accélération normale de la pesanteur est  $980,665 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$ , nombre sanctionné déjà par quelques législations. »

M. DE BODOLA fait encore remarquer que le chiffre de 980,665 résulte de la détermination de la pesanteur, exécutée au Pavillon de Breteuil par M. Defforges, et théoriquement réduite au niveau de la mer et à la latitude de 45°. Cette valeur est celle qui est employée au Bureau international des Poids et Mesures, et est adoptée, entre autres, par l'Autriche et la Hongrie.

M. le PRÉSIDENT met en discussion ce nouveau texte.

M. CORNU signale, dans le *considérant*, une inadvertance qu'il importe de faire

disparaître. En effet, il y est parlé du sens de *masse* donné au poids et, dans la déclaration qui suit, l'ambiguïté s'attaque au sens de *force*.

Cette double acception est, en effet, dans la nature des choses : le *poids* d'un corps est tantôt considéré comme un *effort*, tantôt comme une *masse*. Il est donc nécessaire de signaler cette ambiguïté et de donner une définition précise des deux acceptions du mot *poids*. Pour cela, il lui paraît donc indiqué d'ajouter à la rédaction de la Commission des développements dont les idées, sinon les termes, lui semblent devoir rallier l'opinion de tous les membres de la Conférence.

La notion de poids comme effort statique ne doit pas être rejetée sous le prétexte que la définition précise de la force résulte de la considération de la masse et de l'accélération. La définition de l'effort statique est indépendante de l'idée de masse, par la raison décisive que, s'appliquant à un corps pesant au repos, il n'existe aucun mouvement, par suite aucune accélération ; l'idée de masse n'a donc pas à intervenir.

C'est pour cette raison qu'il est utile de définir le poids comme mesure d'un effort statique, et sous ce rapport la rédaction de la Commission remplit le but avec toute la netteté désirable.

M. CORNU propose donc, d'abord, de dire à la fin du paragraphe qui contient le considérant : employé *tantôt* dans le sens du terme *masse*, *tantôt dans le sens d'un effort statique*.

En outre, dans le deuxième paragraphe des déclarations, au lieu de l'expression *force*, M. CORNU propose de dire : *effort statique sur un support en repos*. On ramènerait ainsi la notion d'effort statique à celle de force ainsi qu'à sa relation avec celle de *masse*, en déterminant l'accélération du mouvement que prendrait la masse qui produit cet effort sous l'action de la pesanteur, si le support qui la retient venait à être brusquement supprimé.

M. MASCART est heureux de pouvoir apporter son concours dans une discussion de principe si importante. Il partage l'opinion de M. Cornu quant à la nécessité d'une adjonction dans le considérant, pour bien marquer la dualité de sens du mot *poids*. Mais il ne pourrait pas admettre que le poids fût toujours considéré comme un effort statique. Il est donc d'avis qu'il n'y a pas lieu de modifier le deuxième paragraphe des déclarations proposées, et croit qu'on donnerait toute satisfaction à M. Cornu en acceptant son adjonction au considérant, mais en y remplaçant le mot *statique* par celui de *mécanique*.

MM. DE BODOLA et FOERSTER partagent l'avis exprimé par M. Mascart, en faisant remarquer que la distinction si nette établie dans le considérant par l'adjonction

proposée par M. Cornu et amendée par M. Mascart, permet d'accepter, pour tout le reste, la rédaction de la Commission.

M. CORNU déclare se rallier à cette proposition.

M. le PRÉSIDENT met aux voix le nouveau texte suivant, qui tient compte de l'adjonction proposée :

**Projet de déclaration relative à l'unité de masse et à la définition du poids.**

« Vu la décision du Comité international des Poids et Mesures du 15 octobre 1887, par laquelle le kilogramme a été défini comme unité de masse;

» Vu la décision contenue dans la formule de sanction des prototypes du Système métrique, acceptée à l'unanimité par la Conférence générale des Poids et Mesures dans sa réunion du 26 septembre 1889;

» Considérant la nécessité de faire cesser l'ambiguïté qui existe encore dans l'usage courant sur la signification du terme *poids*, employé tantôt dans le sens du terme *masse*, tantôt dans le sens du terme *effort mécanique*;

» *La Conférence déclare :*

« 1° Le *kilogramme* est l'unité de masse; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme;

» 2° Le terme *poids* désigne une grandeur de la même nature qu'une *force*; le poids d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération de la pesanteur; en particulier, le poids normal d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération normale de la pesanteur;

» 3° Le nombre adopté dans le Service international des Poids et Mesures pour la valeur de l'accélération normale de la pesanteur est  $980,665 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$ , nombre sanctionné déjà par quelques législations. »

La déclaration ainsi conçue est adoptée à l'unanimité.

L'ordre du jour appelle la discussion sur les mesures à provoquer pour la propagation ultérieure et le perfectionnement du Système métrique.

M. FOERSTER, Président du Comité international, expose qu'il a reçu, de la part de MM. les Ministres des Affaires étrangères et du Commerce, une lettre demandant que la Conférence veuille bien entendre des Communications sur les résultats obtenus par le Congrès international de 1900 pour l'unification internationale du numérotage des fils textiles. Le Comité international en a été saisi dans sa séance du 11 octobre, et a décidé d'inviter, non seulement les représentants du Comité permanent en question, mais aussi ceux des organisations analogues fondées pour l'unification, sur la base métrique, du numérotage des fils métal-

liques et des pas de vis. Dans la même pensée, il a également invité M. le commandant Guyou, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, à bien vouloir présenter à la Conférence un Mémoire sur les progrès accomplis dans l'importante question de la division décimale du quart de cercle.

M. FOERSTER communique la lettre suivante qu'il a adressée à ce sujet à M. le Ministre des Affaires étrangères :

« Paris, le 13 octobre 1901.

» MONSIEUR LE MINISTRE,

« Votre Excellence aura déjà reçu, par l'intermédiaire de l'Ambassade de France à Berlin, la communication que, conformément à la demande exprimée dans votre lettre du 11 septembre 1901, je soumettrais au Comité international des Poids et Mesures, dès sa réunion à Paris, la proposition d'ajouter au programme provisoire de la troisième Conférence générale des Poids et Mesures, contenu dans la convocation du 18 mai 1901, la présentation d'un Rapport sur les efforts tendant à une unification internationale du numérotage des fils textiles.

» Le Comité, dans sa séance du 11 octobre, a non seulement reconnu l'importance de cette question à l'égard de la propagation du Système métrique et de ses bienfaits, mais il a autorisé son Bureau à inviter de suite quelques-uns des hommes compétents, appartenant à la Commission permanente pour l'unification du numérotage en question, à prendre part aux séances de notre Conférence et notamment à la quatrième séance (le mardi 22 octobre, à 2<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>, au Pavillon de Breteuil), séance qui s'occupera spécialement, sur la base de l'article 7 du Règlement de la Convention du Mètre, de la discussion des mesures nécessaires ou désirables dans l'intérêt de la propagation du Système métrique.

» Dans la liste ci-jointe des dernières invitations que, d'accord avec Votre Excellence, nous avons adressées à un certain nombre d'hommes compétents et plus spécialement intéressés dans les objets de nos délibérations, nous avons ajouté les noms des quatre membres de ladite Commission permanente qui ont reçu notre invitation. En outre, nous nous sommes permis, avec l'autorisation du Comité, d'inviter deux hommes compétents qui pourront représenter, dans les discussions et délibérations de la Conférence à la même séance, les travaux et études en faveur de l'unification du numérotage des fils métalliques et des pas de vis, sous les auspices de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. Les noms de ces Messieurs sont aussi contenus dans la liste.

» Enfin nous avons invité M. Guyou, membre du Bureau des Longitudes, qui

est tout spécialement compétent dans la question de la division décimale du quart de cercle.

» Agréez, Monsieur le Ministre, l'assurance de mes sentiments les plus distingués et les plus respectueux.

» *Le Président du Comité international  
des Poids et Mesures,*

» FOERSTER.

» *A Son Excellence M. Delcassé, Ministre des Affaires étrangères.* »

M. le PRÉSIDENT constate la présence, au sein de la Conférence, de MM. É. Widmer, Ed. Simon, F. Roy et P. Fleury, qui ont des Communications à faire au nom du Comité permanent pour le numérotage des fils textiles, et donne la parole à M. Widmer, Président d'honneur de ce Comité.

M. WIDMER tient à exprimer tout d'abord sa gratitude à MM. les Ministres Millerand et Delcassé, d'avoir bien voulu prendre sous leur haut patronage auprès du Comité la question du numérotage des fils textiles, qui intéresse une des plus grandes industries du monde. Il est également reconnaissant au Comité et à la Conférence d'avoir bien voulu admettre les représentants du Comité permanent à développer, dans cette séance, les résultats déjà obtenus et les efforts qui restent à accomplir dans un but de grande application et de propagation du Système métrique.

M. SIMON, Secrétaire général du Congrès de 1900, fait l'exposé suivant :

« Le temps que vous voulez bien m'accorder étant limité, je me bornerai à vous exposer sommairement l'état d'une question qui préoccupe depuis longtemps les industries de la filature et du tissage.

» Numéroté un fil, vous le savez, Messieurs, c'est déterminer le rapport entre la *longueur* et la *masse* de ce fil. Le système des poids et mesures métriques était tout indiqué pour établir aisément ce rapport; et, dès 1810, un décret impérial, daté du 14 décembre, prescrivait, en France, à tous les entrepreneurs de filature, de former l'échevette des fils de coton, de lin, de chanvre ou de laine, d'un fil de 100<sup>m</sup> de longueur, et de composer l'écheveau de dix de ces échevettes, de sorte que la longueur totale du fil formant l'écheveau fût de 1000<sup>m</sup>.

« Ces fils, ajoutait le décret, seront étiquetés d'un numéro indicatif du nombre d'écheveaux nécessaire pour former le poids d'un kilogramme. »

» Telle est la base que, soixante-trois ans plus tard, le Congrès international de Vienne, tenu en 1873, puis successivement les Congrès de Bruxelles (1874),

de Turin (1875), de Paris en 1878 et en 1900, reprirent et adoptèrent sous la désignation de numérotage *kilogrammétrique*.

» Si, en effet, le décret de 1810 eut tout d'abord pour résultat d'obliger les manufacturiers français à substituer le mètre aux anciennes mesures de longueur, une ordonnance royale du 26 mai 1819 compromit pour longtemps l'unification, en autorisant officiellement le numérotage des fils de coton d'après le « nombre d'écheveaux nécessaire pour former le poids d'une *livre métrique* ou *demi-kilogramme* ».

» Cette dérogation au principe posé par le décret de 1810 ouvrit la porte à d'autres anomalies, et les divers centres industriels se bornèrent à transformer en mesures métriques les longueurs très variables de leurs échevettes et écheveaux. C'est ainsi que, dans la filature de la laine, les échées de Reims et d'Elbeuf, par exemple, ne correspondent pas à une même longueur.

» Il va de soi que, dans les pays où les mesures métriques ne sont pas légales, les bases de numérotage sont plus nombreuses encore et exigent des calculs longs et compliqués, principalement lorsque le même fabricant doit, comme il arrive souvent, utiliser des fils de natures et de provenances diverses.

» La *soie* n'a pas échappé à cette confusion des titrages. Dans l'énumération du décret de 1810, les fils de soie avaient été omis avec raison, non que le titre de cette matière ne pût être évalué, comme pour les autres textiles, à l'aide des mesures légales, mais parce qu'au lieu de le déterminer d'après la longueur variable de fil contenue dans une masse constante, il était plus logique d'adopter une longueur invariable, dont la masse changerait avec le titre. La filature de la soie s'effectuant suivant une méthode inverse des procédés usités pour la transformation des autres matières textiles, il devenait très naturel d'adopter également un mode de numérotage inverse; de plus, en raison de la finesse des brins, il n'était pas pratique de prendre le kilogramme pour unité de masse. Aussi fut-il définitivement décidé, par les Congrès énumérés plus haut, que, dans le titrage de la soie, le numéro correspondrait au nombre de *grammes* que pèserait le *myriamètre*.

» Je passe, bien entendu, sur les détails d'application, la rédaction des bulletins d'essai, etc.

» En résumé, d'après les décisions des Congrès internationaux, et pour toutes les matières textiles autres que la soie, le numéro doit indiquer le nombre de kilomètres de fil contenus dans un kilogramme; pour la soie, le numéro représente la masse, en grammes, de *dix mille mètres*.

» Pourquoi une méthode aussi simple, aussi rationnelle, désirée par la plupart des intéressés, appliquée dans nombre d'établissements privés, de nature à faciliter les échanges internationaux, n'est-elle pas encore généralisée?

» La Grande-Bretagne, d'après les Déclarations officielles du Délégué du Gouvernement du Royaume-Uni au Congrès de 1900, constitue le principal obstacle, bien que, dans les Chambres de Commerce anglaises elles-mêmes, se manifeste un courant très favorable à l'adoption des poids et mesures métriques.

» Le numérotage anglais n'a cependant pas le mérite de l'uniformité. Pour les fils de coton, de laine cardée, de bourre de soie ou schappe, le numéro indique le nombre d'écheveaux de 840 yards contenus dans la livre anglaise de 453<sup>g</sup>. Avec la laine peignée, le numéro correspond au nombre d'écheveaux de 560 yards, toujours à la livre anglaise. Pour les fils de lin, de chanvre et de jute, le paquet de fil est invariablement composé de 100 écheveaux de 12 échevettes fournissant une longueur totale de 329 000<sup>m</sup>; mais la masse du paquet change avec la grosseur du fil; le n° 1 pesant 540<sup>kg</sup>, le n° 2 pèse moitié moins ( $\frac{540}{2} = 270^{\text{kg}}$ ); la masse du n° 3 est le tiers de la masse du n° 1, et ainsi de suite. Enfin, pour la soie, indépendamment de l'ancien titre en *deniers* appliqué aux soies fines, le *dramage* (le dram =  $\frac{1}{16}$  de l'once anglaise de 28<sup>g</sup>,35) est réservé aux grosses soies en usage à Nottingham et à Calais, dans l'industrie des dentelles fabriquées mécaniquement.

» Quoi qu'il en soit, le commerce international des fils de lin et de jute restant jusqu'ici entre les mains des Anglais, aussi longtemps que le numérotage kilogrammétrique de ces fils n'aura pas été adopté par la Grande-Bretagne, nos filatures de Lille et de Dunkerque seront tenues de présenter leurs produits dans les conditions de dévidage et d'emballage des fils anglais. Il en sera de même des autres contrées industrielles. Aussi le Président du Congrès de 1900, M. von Pacher, était-il autorisé à écrire, le 29 août 1899, à M. le Commissaire général Alfred Picard :

« Forcer par la loi les filateurs à dévider et à numéroter leurs produits métriquement, et permettre en même temps aux étrangers d'importer leur marchandise dévidée suivant les anciens systèmes, serait simplement tuer l'industrie des premiers. Mais à dater du jour où la loi interdirait à tout le commerce d'employer un numérotage et un dévidage autres que le métrique décimal, les Anglais seraient les premiers à dévider et à numéroter leurs filés destinés à l'exportation suivant la méthode rationnelle. »

« Vous le voyez, Messieurs, l'unification du numérotage des fils, telle qu'elle résulte des délibérations et des décisions des Congressistes, serait bientôt adoptée dans tous les pays manufacturiers, si le Gouvernement de la Grande-Bretagne faisait un pas de plus dans l'adoption du Système métrique, dont la loi de 1897, succédant aux lois de 1866, 1878 et 1889, rend l'usage facultatif. Le commerce anglais, nous l'avons dit, apprécie les avantages des mesures

métriques, et désire une réforme qui ne peut être indéfiniment ajournée, sous peine de créer un état d'isolement préjudiciable aux intérêts britanniques.

» Permettez-nous donc, Messieurs, de compter sur votre haute intervention pour faire mieux comprendre encore les avantages du système des poids et mesures dont vous avez la garde et le souci. Mieux que des règlements coercitifs ou que des défenses douanières, vos conseils, dictés par l'esprit scientifique et par l'unique préoccupation de faciliter les rapports entre peuples civilisés, contribueront efficacement, nous en avons le ferme espoir, à la généralisation de la réforme que poursuit, dans l'intérêt commun, la *Commission permanente du Congrès pour l'unification du numérotage des fils.* »

M. Roy, Président du Comité permanent international pour l'unification du numérotage des fils, ajoute les considérations suivantes :

« Vous venez d'entendre l'exposé très clair présenté par M. Edouard Simon, Secrétaire de notre Commission; d'un autre côté, votre Président a bien voulu faire distribuer, dans votre première réunion, le procès-verbal sommaire des séances du Congrès international pour l'unification du numérotage des fils de tous genres, tenu à Paris en 1900. Ma tâche est donc très simplifiée.

» Je suis devant vous, Messieurs, comme Président de la Commission permanente internationale, nommée par le Congrès afin de poursuivre dans tous les pays la réalisation des résolutions qui venaient d'être votées. Vous trouverez dans la publication qui vous a été distribuée les noms des Membres qui ont été désignés dans chaque pays pour faire partie du Comité permanent.

» Depuis le Congrès, le Bureau du Comité permanent siégeant à Paris a entretenu une correspondance suivie avec tous les Membres étrangers. Dans chaque pays, les Membres du Comité ont pour mission de faire connaître aux Chambres de commerce des centres d'industrie textile les décisions du Congrès, et de les décider à émettre un avis favorable permettant à leurs Gouvernements respectifs de répondre en connaissance de cause à l'invitation, qui leur sera adressée par le Ministre des Affaires étrangères de France, pour une Conférence diplomatique destinée à établir l'entente internationale.

» La plupart de nos collègues à l'étranger ont fait preuve d'une grande activité, et nous savons déjà que l'Espagne, la Suisse, l'Italie, la Suède, la Norvège et le Japon sont favorables à l'unification, et que leurs Gouvernements sont disposés à se faire représenter à la Conférence diplomatique.

» Nous attendons les réponses de la Belgique, de la Russie et des États-Unis.

» L'Autriche est très bien disposée, mais ne peut se décider sans savoir ce que fera l'Allemagne, par suite des rapports importants d'affaires qui existent entre les deux pays.

» En Allemagne, si de nombreux centres d'industrie textile se montrent entièrement favorables à la réforme, une autre fraction fait encore obstacle à ce progrès. Nous avons regretté de voir ce grand pays, qui possède depuis longtemps le Système métrique, laisser figurer dans son avant-projet de tarif de douanes le numérotage anglais pour les filés. Nous espérons que les démarches qui sont poursuivies actuellement par nos collègues allemands, pour faire disparaître cette anomalie dans les tarifs définitifs, seront couronnées de succès.

» Quant à l'Angleterre, qui a déjà admis l'usage facultatif du Système métrique, nous espérons qu'elle se joindra aux autres pays quand ils se seront entendus sur cette question d'unification du numérotage des fils.

» En France, nous avons tout d'abord rencontré une certaine résistance; nous avons dû faire une active propagande afin de décider notamment l'industrie de la soie à renoncer à l'ancien titrage basé sur l'aune comme unité de longueur et sur le grain ou denier comme unité de masse, pour adopter le titrage métrique décimal admis par le Congrès. Mais c'est maintenant chose faite. D'après les nouvelles reçues des membres étrangers du Comité permanent, il est certain que, d'ici peu, dans le monde entier, il n'y aura plus qu'un seul titrage métrique et décimal usité pour la soie. C'est un résultat dont nous pouvons hautement nous féliciter.

» Nous avons demandé à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie que la loi du 13 juin 1866, concernant la soie grège et la soie ouvrée, soit modifiée, et que le titre admis par le Congrès de 1900 et basé sur la masse en demi-décigrammes de l'échevette de 450<sup>m</sup> soit adopté comme titre légal.

» Nous lui avons aussi demandé, pour nous conformer aux résolutions du Congrès, que l'ordonnance royale du 26 mai 1819, dont vous a entretenus M. Édouard Simon, fût rapportée et remplacée par une disposition imposant, pour le coton, la laine, la schappe et la ramie, le numérotage basé sur le nombre de kilomètres contenus dans 1 kilogramme.

» M. le Ministre a demandé l'avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures. Le Comité se réunira sous peu, et il n'y a pas de doute qu'il n'approuve les décisions du Congrès.

» Nous pouvons donc affirmer que, dans notre pays, nous avons réussi à rompre avec les anciennes routines, et que l'unification du numérotage des fils sera bientôt un fait accompli pour la soie, la laine, le coton, la schappe et la ramie.

» Nous espérons que les autres pays voudront bien suivre notre exemple.

» Il ne serait fait exception, provisoirement, que pour le lin. Notre Secrétaire, M. Simon, vous en a donné les motifs.

» Nous pouvons affirmer que, dans les pays où les mesures métriques sont légales et obligatoires, le changement ne présente réellement pas de difficultés

sérieuses. Il en est autrement, il est vrai, dans les pays, comme l'Angleterre, qui n'ont pas encore abandonné leurs anciennes mesures.

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESSIEURS,

» Nous osons compter beaucoup sur vos efforts pour rassurer le Gouvernement anglais sur les difficultés qu'il appréhende pour la période de transition nécessaire pour passer des anciens poids et mesures au Système métrique décimal.

» Dans le procès-verbal du Congrès de 1900, vous trouverez que nous avons signalé que cent quatre-vingt-onze des plus importantes Chambres de commerce du Royaume-Uni et de ses colonies, réunies à Londres en juin 1900, ont voté une adresse demandant à leur Gouvernement de rendre obligatoire le Système métrique décimal dans tout l'Empire britannique dans un délai de deux ans. L'industrie et le commerce anglais sont donc bien persuadés que, tôt ou tard, le Système métrique s'imposera chez eux et que mieux vaut tôt que tard.

» Le jour où cette réforme sera accomplie, nous pouvons affirmer que ce sera un immense bienfait, non seulement pour le commerce britannique, mais aussi pour toutes les nations qui sont en relations commerciales avec l'Angleterre.

» Au nom du Comité permanent international pour l'unification du numérotage des fils, son Président vient donc solliciter votre haute intervention auprès des pouvoirs publics de chacun des pays représentés à cette Conférence, afin que, partout, l'unification du titrage de la soie et du numérotage des autres matières textiles soit adoptée, conformément aux décisions du Congrès de 1900.

» Il vous demande, en conséquence, de vouloir bien émettre le vœu suivant, qu'il se permet de vous soumettre :

» *La Conférence émet le vœu :*

« Que tous les pays se mettent d'accord pour adopter, comme titrage légal de la soie et comme numérotage légal des autres matières textiles, le titrage et le numérotage métriques *adoptés par le Congrès de 1900 à Paris.* »

M. CHANEY fait à cette occasion la déclaration qui suit :

« Dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, un pas vraiment important a été accompli dans la voie de la propagation et de l'extension du Système métrique depuis la dernière Conférence de 1895.

» La situation légale en Grande-Bretagne est que le Système métrique peut être librement employé dans le commerce, tout aussi bien que le Système national actuel. Il en était autrement en 1895.

» Le Système métrique n'est pas obligatoire, et j'ignore si, à l'heure qu'il est, l'intention existe de lui donner ce caractère, et, en revanche, de déclarer illégal le Système impérial actuel.

» Depuis que la loi des Poids et Mesures a été votée, en 1897, on s'est attaché le plus possible à remettre aux autorités locales des étalons métriques, à enseigner les principes du Système métrique aux enfants dans toutes nos écoles normales et primaires, et à propager la connaissance de ce système décimal parmi tous ceux qui sont intéressés dans le commerce. Sans aucun doute, quand ce système sera devenu plus familier au public de la Grande-Bretagne, il se manifestera un mouvement populaire général pour son adoption.

» Le Système métrique est également facultatif au Canada, et est employé dans les chemins de fer aux Indes-Orientales. Il n'est pas non plus douteux qu'une action quelconque, faite en Grande-Bretagne en faveur du Système métrique, ne se propage bientôt à travers l'Empire britannique tout entier. »

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur le vœu formulé par M. Roy au nom du Comité permanent du Congrès de 1900.

M. DE MACEDO, malgré toute sa sympathie pour ce nouveau progrès qu'on propose en faveur du Système métrique, ne pourrait pas émettre un vote formel, attendu qu'il s'agit d'une question introduite au cours de la Conférence, ce qui ne lui a pas permis de se munir d'instructions spéciales de son Gouvernement. Personnellement, il s'associerait au vote de ses collègues, si M. Roy voulait bien supprimer, à la fin du vœu présenté, les mots : *adoptés par le Congrès international de 1900 à Paris*.

Il explique qu'il s'agit de toute une série de décisions qui mériteraient un examen très approfondi auquel la Conférence ne pourrait pas se livrer.

M. BAZ appuie entièrement les observations de M. de Macedo, d'autant plus que, pour le Mexique, par exemple, qui est un pays d'importation, la question aura besoin d'être mûrement étudiée pour éviter les grandes difficultés pratiques qui en pourraient résulter.

M. FOERSTER se range aussi à l'avis de la suppression des derniers mots, demandée par M. de Macedo. Il croit que MM. les représentants du Comité permanent accepteraient cet amendement. Le caractère fondamental du vote à émettre n'est pas dans le détail; il s'agit plutôt d'encourager les efforts tentés dans une voie nouvelle pour l'extension du Système métrique. Sous cette forme, la Conférence est compétente pour émettre un vote.

M. LAGRAVE annonce qu'il vient de se concerter avec M. Roy et ses collègues,

qui acceptent la suppression demandée par M. de Macedo. Il a le plaisir d'informer la Conférence que le titrage de la soie a été accepté par tous les membres du Congrès de 1900, y compris le Japon. MM. les Délégués peuvent donc accepter en toute assurance le vœu, qui serait ainsi définitivement formulé :

« La Conférence émet le vœu que tous les pays se mettent d'accord pour adopter, comme titrage légal de la soie et comme numérotage légal des autres matières textiles, le titrage et le numérotage métriques. »

Mis aux voix, ce vœu est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Sauvage pour présenter un rapport sur le *Système international de filetage à base métrique*.

M. SAUVAGE s'exprime dans les termes suivants :

« Les vis sont employées en telle quantité dans l'industrie que l'adoption de types uniformes a une très grande importance, tant pour la facilité du remplacement des pièces que pour l'économie et la rapidité dans la fabrication de ces organes d'assemblage. Aussi, depuis longtemps, de grands efforts ont été faits pour réaliser cette uniformité, et de nombreux projets de systèmes de filetage ont été publiés.

» Le *Système international*, objet de la présente communication, ne comprend d'ailleurs pas tous les filetages. On peut diviser en cinq catégories principales les vis employées par l'industrie : une première catégorie se compose des vis métalliques servant à l'assemblage des pièces de machines et aux constructions métalliques, dites *vis mécaniques*. On distingue ensuite les vis de petit diamètre, dites *vis horlogères*, la séparation se plaçant au diamètre de 6<sup>mm</sup>, commun aux deux catégories. Viennent ensuite les *vis tracées sur des tubes*, puis les *vis spéciales*, telles que les vis servant à des transmissions de mouvement, à des mesures micrométriques, ou à divers usages exigeant des dispositions spéciales. En cinquième lieu, les *vis à bois* pratiquent elles-mêmes leur logement dans une matière relativement molle.

» La présente communication a trait seulement aux vis mécaniques.

» Deux importants systèmes de vis mécaniques existent depuis longtemps : le système Whitworth, qui remonte à l'année 1840, employé en Angleterre et parfois aussi sur le continent européen, et le système Sellers, proposé en 1864 et adopté aux États-Unis. Mais ces systèmes, ayant pour base le pouce anglais, n'ont pu être adoptés généralement dans les pays qui font usage du Système métrique. Un grand nombre de systèmes de filetage, ayant pour base le mètre, ont été proposés dans ces pays; et, jusqu'à ces dernières années, suivant

l'exemple donné par l'Angleterre et par les États-Unis, ces études étaient restées confinées dans les pays où elles se produisaient, les difficultés multiples du sujet faisant juger chimérique l'espoir d'une entente internationale.

» Parmi les nombreuses propositions relatives aux vis mécaniques, on peut citer, en Allemagne, celles de Reuleaux, de Redtenbacher, de Delisle, et surtout celle de l'*Union des Ingénieurs allemands*, établie à la suite d'une longue enquête et de conférences tenues en 1891 et 1892; en France, les propositions d'Armen-gaud, de Poulot, de Polonceau, et surtout celle de la *Société d'encouragement pour l'Industrie nationale*, définitivement arrêtée en 1894, sous le nom de *Système français*, à la suite d'une enquête très étendue et d'une sorte de Congrès des intéressés. Ce *Système français* reçut très rapidement des applications nombreuses en France, par suite de son adoption par la Marine nationale, par la plupart des Compagnies de chemin de fer et par de grands industriels.

» Cependant l'idée de l'unification se répandait de plus en plus, si bien que l'adoption d'un système international cessa de paraître impossible à espérer. L'*Union des Industriels mécaniciens suisses* entreprit cette tâche dès 1893. Après une longue étude de la question, pour laquelle elle convoqua des représentants de l'*Union des Ingénieurs allemands* et de la *Société d'encouragement française*, l'*Union suisse* réunit à Zurich, en octobre 1898, un grand Congrès international, auquel furent convoqués des représentants des principales sociétés techniques du monde entier. Parmi les ingénieurs et industriels qui prirent la part la plus active aux travaux de ce Congrès, on peut citer les représentants de l'Allemagne, de l'Autriche, de la France, de la Hollande, de l'Italie, de la Russie et de la Suisse. Ce Congrès arrêta les règles d'un système de filetage pour les vis mécaniques, à base métrique, qui fut dénommé *Système international (S. I.)*.

» Ce Congrès n'ayant pu fixer d'une manière convenable une partie accessoire du système, les ouvertures des clefs de serrage, confia à une Conférence internationale le soin de compléter son œuvre sur ce point de détail; cette Conférence termina ses travaux en octobre 1900.

» Le Système international, ainsi établi, a déjà reçu de nombreuses applications, et notamment en France, où les Compagnies de chemins de fer n'hésitèrent pas à le substituer au Système français, qu'elles avaient déjà adopté. Les deux systèmes ont d'ailleurs beaucoup d'analogies; la seule différence fondamentale existe pour les diamètres de 8<sup>mm</sup> et 9<sup>mm</sup>, d'une part, et 12<sup>mm</sup> et 13<sup>mm</sup>, d'autre part, qui ont respectivement des pas de 1<sup>mm</sup> et 1<sup>mm</sup>,5 dans le Système français et de 1<sup>mm</sup>,25 et 1<sup>mm</sup>,75 dans le Système international.

» Les règles du Système international de filetage (S. I.) sont données ci-après. Les points principaux sont les suivants : la forme du filet est des plus simples : c'est un triangle équilatéral avec tronçatures rectilignes. C'est le profil choisi par Sellers et adopté aux États-Unis; les praticiens les plus éminents ont

approuvé cette forme, au point de vue de la convenance et de la précision de l'exécution. Le diamètre des vis est compté sur l'extérieur de la vis pleine ou boulon, après troncature du profil des filets, c'est-à-dire sur le filet théorique réel. Le diamètre est exprimé par un nombre entier de millimètres, depuis la limite inférieure de 6<sup>mm</sup> jusqu'à la limite supérieure de 80<sup>mm</sup> : une *série normale* de vingt-neuf diamètres, convenablement graduée, satisfait à presque tous les besoins usuels.

» Le système présente un détail intéressant en ce qui concerne la réalisation des profils théoriques prescrits. Il est clair que ce profil, simple conception géométrique, ne peut être réalisé rigoureusement; d'autre part, pour un système destiné à des applications très variées, comportant des degrés de précision très divers, on ne pouvait songer à prescrire des limites supérieures et inférieures des profils. Aussi la forme géométrique de la vis est définie comme un *profil limite*, aussi bien pour la vis pleine que pour la vis creuse correspondante, cette limite étant toujours par excès pour la vis pleine, et par défaut pour la vis creuse; en d'autres termes, la vis pleine doit toujours être à l'intérieur du profil limite, et la vis creuse à l'extérieur de ce même profil.

» On voit que cette condition assure le montage de tous les écrous sur toutes les vis pleines de même diamètre; quant au jeu qui existera entre les deux pièces, il variera suivant la destination des vis et la précision de l'outillage de fabrication.

» De grands efforts sont faits pour la diffusion du système, notamment en Allemagne, en France, en Hollande, en Italie, en Suisse. En Italie, la *Société des Ingénieurs et Architectes de Turin* a présenté, à un Congrès tenu à Bologne en 1892, un excellent mémoire sur la question. En Hollande, l'*Institut royal des Ingénieurs néerlandais* a entrepris de continuer la tâche du Congrès de Zurich par l'étude des filetages sur tubes. De nombreux constructeurs livrent les vis du Système international et l'outillage pour les fabriquer. Des calibres de grande précision ont été établis, notamment par MM. Bariquand et Marre, à Paris; L. Löwe et C<sup>ie</sup>, à Berlin; J.-E. Reinecker, à Chemnitz; la Société anonyme pour la fabrication des outils Reishauer, à Zurich. La question de l'établissement de vis prototypes, construites avec la précision la plus grande actuellement possible, mériterait d'être examinée par le Comité international des Poids et Mesures. »

#### Règles du Système international de filetages.

S. I.

*Vis auxquelles s'appliquent les règles du Système international.*— Les règles adoptées par le Congrès, et formulées ci-après, ne s'appliquent qu'aux seules *vis mécaniques*,

c'est-à-dire aux vis métalliques, de diamètre égal ou supérieur à 6<sup>mm</sup>, destinées à l'assemblage des pièces de machines et aux constructions mécaniques. Ces règles ne s'appliquent pas aux très petites vis, dites *vis horlogères*; aux vis qui servent aux transmissions de mouvement dans les tours et autres machines; aux vis découpées sur les tubes, tels que les tuyaux à gaz et autres; aux vis micrométriques; à toutes les vis qui servent à des usages particuliers, exigeant certaines dispositions qui ne peuvent rentrer dans un système uniforme de filetages; enfin elles ne s'appliquent pas aux vis à bois, qui pratiquent elles-mêmes leur logement dans une matière relativement molle.

*Nature du filet.* — Le tracé des vis mécaniques est déterminé par l'enroulement en hélice à droite d'un filet simple, obtenu par la troncature d'un triangle primitif équilatéral dont le côté, placé parallèlement à l'axe de la vis, est égal au pas de la vis.

*Forme du filet.* — Le triangle primitif équilatéral est tronqué par deux parallèles à la base, menées respectivement au huitième de la hauteur à partir du sommet et de la base.

La hauteur du filet mesurée entre les troncatures est, par suite, égale aux trois quarts de la hauteur du triangle équilatéral primitif: c'est approximativement le pas multiplié par 0,6495.

*Jeux entre les vis pleines et les vis creuses.* — Les vis pleines et les vis creuses ou écrous, qui se correspondent, ont, en principe, mêmes filets; mais, afin de tenir compte des tolérances d'exécution, indispensables dans la pratique, tolérances qui doivent varier selon les circonstances, le profil fixé est un *profil limite*, pour la vis pleine comme pour la vis creuse; cette limite est prévue *par excès* pour la vis pleine et *par défaut* pour la vis creuse: en d'autres termes, la vis pleine doit toujours rester à l'intérieur du profil limite, et la vis creuse à l'extérieur de ce même profil.

Les écarts entre la surface théorique commune et les surfaces réalisées sur la vis pleine et sur son écrou déterminent le *jeu* que présenteront les deux pièces montées l'une sur l'autre. Aucune valeur n'est fixée pour ce jeu, chaque constructeur restant juge des tolérances admissibles, suivant la destination des vis et suivant l'outillage employé pour leur fabrication.

En ce qui concerne le jeu que présentent la vis pleine et la vis creuse au fond des angles rentrants du profil, l'approfondissement dû à ce jeu ne devra pas dépasser un seizième de la hauteur du triangle primitif. Aucune règle n'est tracée pour la forme de cet approfondissement; il est seulement recommandé d'employer un profil arrondi. La profondeur du filet peut ainsi atteindre les treize seizièmes de la hauteur du triangle primitif, ou 0,704  $p$ ,  $p$  étant le pas.

*Diamètre des vis.* — Le diamètre des vis se mesure sur l'extérieur des filets après troncature; le diamètre, exprimé en millimètres, sert à désigner la vis.

Entre les diamètres normaux indiqués au Tableau (donné ci-dessous) on peut intercaler, par exception, d'autres diamètres; le pas reste alors celui de la vis normale de diamètre immédiatement inférieur. Les diamètres de ces vis intermédiaires doivent toujours être exprimés par un nombre entier de millimètres.

*Ouvertures des clefs.* — L'ouverture de la clef est considérée comme dimension limite, que ne doit dépasser ni l'écrou par excès ni la clef par défaut.

A chaque diamètre (de la série normale) correspond une ouverture de clef spéciale.

Les mêmes ouvertures doivent être employées pour les diamètres exceptionnellement intercalés entre les diamètres normaux.

L'ouverture de la clef est la même pour l'écrou et pour la tête de boulon et de vis d'un même diamètre.

La même ouverture s'applique aussi bien aux écrous bruts qu'aux écrous travaillés.

*Tableau de la série normale des diamètres, des pas et des ouvertures des clefs correspondants.*

Diamètre.	Pas.	Ouverture. de clef.	Diamètre.	Pas.	Ouverture de clef.
<sup>mm</sup>	<sup>mm</sup>	<sup>mm</sup>	<sup>mm</sup>	<sup>mm</sup>	<sup>mm</sup>
6	1,0	12	33	3,5	50
7	1,0	13	36	4,0	54
8	1,25	15	39	4,0	58
9	1,25	16	42	4,5	63
10	1,5	18	45	4,5	67
11	1,5	19	48	5,0	71
12	1,75	21	52	5,0	77
14	2,0	23	56	5,5	82
16	2,0	26	60	5,5	88
18	2,5	29	64	6,0	94
20	2,5	32	68	6,0	100
22	2,5	35	72	6,5	105
24	3,0	38	76	6,5	110
27	3,0	42	80	7,0	116
30	3,5	46			

*Hauteur de l'écrou et de la tête du boulon.* — On recommande de donner à l'écrou une hauteur égale au diamètre, et à la tête une hauteur égale aux 7 dixièmes du diamètre.

Les soussignés recommandent l'emploi du *Système international de filetages à base métrique* (S. I.) à toutes les administrations publiques, compagnies de chemins de fer et aux industriels qui désireraient faire usage d'un système de filetages métrique.

Ils informent en même temps tous les intéressés que l'on peut actuellement se procurer les outils, calibres et jauges pour le système international chez divers constructeurs, et notamment chez :

MM. Bariquand et Marre, à Paris;

Ludw. Löwe et Cie, Société anonyme, à Berlin;

J.-G. Reinecker, à Chemnitz;

Société anonyme pour la fabrication des outils *Reishauer*, à Zurich.

Berlin, Zurich, Paris, octobre 1900.

*Société des Ingénieurs  
allemands :*

LEMMER, Braunschweig,  
*Président.*

TH. PETERS, Berlin,  
*Directeur.*

*Société d'Encouragement  
pour l'Industrie nationale :*

A. CARNOT, Paris,  
*Président.*

ED. COLLIGNON, Paris,  
*Secrétaire.*

*Union suisse des Industriels mécaniciens :*

P.-E. HUBER, Zurich, *Président.*

A. JEGHER, Zurich, *Secrétaire.*

## Bibliographie.

On trouve sur la question des filetages en général, ainsi que sur le Système français et le Système international, des renseignements dans le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, années 1891, p. 692; 1893, p. 173, 179, 243, 704 et 806; 1894, p. 145, 311 et 321; 1895, p. 314 et 319; 1897, p. 849; 1898, p. 77, 84, 203 et 1269; 1899, p. 421; 1900, 1<sup>er</sup> sem., p. 278; 1900, 2<sup>e</sup> sem., p. 671; 1901, 1<sup>er</sup> sem., p. 129.

Une bibliographie étendue du sujet se trouve à la fin de l'un des Mémoires cités (1899, p. 454).

M. CHANEY fait la déclaration suivante :

« Il serait fort à désirer que la Conférence générale voulût bien exprimer dès maintenant un avis au sujet de la question d'un filet international.

» Les différents systèmes de filets actuellement en usage en Europe et en Amérique sont arbitraires et basés partiellement sur des unités de mesure qui n'admettent pas l'interchangeabilité des pièces dans les instruments ou les machines. Il serait donc à désirer qu'il existât un système uniforme et international à l'égard des filets.

» En Grande-Bretagne, cette question a récemment été l'objet d'une délibération sérieuse.

» Un Comité officiel devra s'occuper de la question des filets principaux. L'Association britannique pour l'avancement des Sciences, de son côté, a récemment proposé certains types de filets, et, quoique ladite Association ne soit pas représentative, elle possède néanmoins une grande importance pour tout ce qui a trait aux recherches scientifiques. »

M. FOERSTER déclare qu'il n'y a pas lieu, pour la Conférence, d'émettre sur ce sujet un vote formel. Le Comité international sera appelé à délibérer sur la question, et il tiendra compte de l'intérêt que la Conférence a pris à cette communication. Il mentionne, à ce propos, qu'à Berlin, dans la *Reichsanstalt*, on a créé des modèles de pas de vis à base métrique. Pour les diamètres de 1<sup>mm</sup> jusqu'à 10<sup>mm</sup>, la pratique a fait un usage croissant des vérifications qui, sur cette base, lui ont été offertes par la *Reichsanstalt*. Il incombera au Bureau international de contribuer pour sa part au développement de ces vérifications et unifications si utiles.

M. le PRÉSIDENT est d'avis qu'il convient d'encourager cette propagande, et

même de l'étendre à tous les genres de pas de vis. Il remercie, au nom de la Conférence, M. Sauvage de son intéressante communication.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le commandant Guyou, pour la lecture d'un Mémoire sur l'introduction de la division décimale du quart de cercle dans la pratique de la Navigation.

M. Guyou fait l'exposé suivant :

« Laplace, dans son *Exposition du système du monde*, fait connaître dans les termes suivants les raisons qui guidèrent les fondateurs du Système métrique pour le choix de l'unité fondamentale.

« On a voulu, dit-il, établir une base sur la Terre elle-même, de sorte qu'en » se transportant sur le globe, l'homme connaisse, par la seule dénomination de » l'espace parcouru, le rapport de cet espace au circuit entier de la Terre. On » trouve encore à cela l'avantage de faire correspondre les mesures nautiques » avec les mesures célestes. Souvent le navigateur a besoin de déterminer l'un » par l'autre le chemin qu'il a décrit et l'arc céleste compris entre les zéniths » des lieux de son départ et de son arrivée; il est donc intéressant que l'une de » ces mesures soit l'expression de l'autre, à la différence près de leurs unités. » Mais pour cela l'unité fondamentale des mesures linéaires doit être une partie » aliquote du méridien terrestre qui corresponde à l'une des divisions de la cir- » conférence. Ainsi le choix du mètre fut réduit à celui de l'unité des angles. »

» Il résulte de là que, en arrêtant son choix sur une partie décimale du quart du méridien, la Commission des Poids et Mesures visait plus particulièrement les applications de l'unité linéaire à la mesure des grandes distances terrestres, et, par suite, les applications à la Navigation, à la Géodésie et à la Géographie.

» La réalisation de ces vues impliquait nécessairement l'adoption du quadrant comme unité des arcs. Il semblait d'ailleurs, *a priori*, que le succès de cette dernière unité fût garanti par les simplifications qu'elle devait apporter dans les calculs; mais ces prévisions furent déçues, l'unité angulaire repoussée par les astronomes est encore en discussion pour les autres applications, tandis que le mètre et les unités qui en ont été dérivées sont universellement adoptés.

» Cette attitude des astronomes s'explique aisément. La subdivision en degrés est commune à tous les pays; elle offre, en outre, l'avantage d'être très ancienne; or, pour une science qui, comme l'Astronomie, a très souvent besoin de comparer les observations faites à des époques et dans des lieux très divers,

ce double avantage est assez précieux pour compenser les complications que les unités sexagésimales introduisent dans les calculs. On conçoit donc que les astronomes, tout en admettant comme Airy l'usage des unités décimales pour leurs travaux personnels, restent absolument opposés à toute proposition de changer les unités en lesquelles les observations sont enregistrées. Mais aucune objection de principe comme celle-ci n'est applicable ni à la Géodésie, ni à la Géographie, ni à la Navigation; et il n'existe aucune raison qui oblige les géodésiens, les géographes et les navigateurs à user des mêmes unités que les astronomes.

» Pour la Géodésie, on peut dire que la réforme des unités angulaires est entrée sérieusement en voie d'exécution.

» Le Service géographique de l'armée française, fidèle à la tradition inaugurée par Delambre et Méchain dans la mesure de l'arc de méridien, a conservé le grade sur ses instruments et ses cartes. A l'étranger, l'usage de cette unité pour les travaux géodésiques s'est répandu successivement et par la seule vertu de sa supériorité pratique chez les peuples qu'aucune tradition n'enchaînait aux unités anciennes. En France, l'emploi du grade se propage rapidement dans les Services publics; les Services du Génie, des Ponts et Chaussées et des Mines s'y sont ralliés; enfin, sur la proposition du général Bassot, une décision récente du Ministre de la Guerre a rendu l'usage de cette unité obligatoire pour l'admission à l'École Polytechnique et à l'École de Saint-Cyr à partir de 1905.

» Quant aux marins, ils ont conservé jusqu'à ce jour les unités sexagésimales avec les complications qu'elles entraînent, et nous constatons sur nos cartes marines cette anomalie que, tandis que les distances en mer sont exprimées en minutes sexagésimales du méridien, les mesures linéaires verticales, sondes et élévations du sol, ainsi que les distances à terre, sont exprimées en unités métriques.

» Jusqu'en 1896, époque où le Bureau des Longitudes fut saisi officiellement de la question de la decimalisation du temps et de la circonférence, aucune tentative n'avait été faite en faveur de l'introduction des unités décimales dans la pratique de la Navigation.

» C'est cependant pour les marins que les complications des unités actuelles offrent le plus d'inconvénients. Les conditions dans lesquelles ils se trouvent pour calculer à bord, la gravité des conséquences que peuvent occasionner les erreurs, enfin la nécessité d'effectuer fréquemment les calculs à la mer rendraient déjà toute simplification précieuse. Mais ce n'est pas tout; les calculs nautiques sont aussi utiles sur les petits navires que sur les grands paquebots et les cuirassés; il y aurait donc grand intérêt à les mettre à la portée du plus grand nombre. Or actuellement, par le fait des unités sexagésimales, ces calculs si simples en eux-mêmes sont hérissés de nombreuses difficultés factices, qui

les rendent inabordables à ceux qui ne peuvent s'y exercer par une longue préparation.

» Le Bureau des Longitudes, profitant de l'occasion qui lui était offerte d'étudier la possibilité et le mode d'exécution d'une réforme si désirable de cet état de choses, a provoqué et fait exécuter sur plusieurs navires de notre marine une série d'expériences dont je vais rendre compte succinctement.

» Lorsque l'on étudie par quel moyen il serait possible d'introduire l'usage des unités décimales dans la pratique de la Navigation, une grave difficulté se présente immédiatement à l'esprit. Dans les problèmes de Navigation, les notions de temps et les notions d'angles sont partout si étroitement associées qu'un même nombre, dans le cours d'un même calcul, peut représenter successivement un arc d'équateur, un intervalle de temps moyen et un intervalle de temps sidéral. Il semble donc résulter d'un premier examen que les unités qui mesurent ces deux espèces de grandeurs sont étroitement solidaires, et que l'une d'elles ne peut être modifiée sans que l'autre le soit.

» Si cette solidarité était réelle, c'est-à-dire si elle était inhérente à la nature même des problèmes, toute tentative de réforme serait vouée à un échec certain. Il est en effet aujourd'hui bien établi qu'aucun changement ne peut être apporté aux unités de temps dont se sert le public, et, d'autre part, les savants ont toujours écarté toute proposition de création d'une unité spéciale pour les usages scientifiques.

» Mais, heureusement, cette solidarité n'est qu'apparente. Les problèmes de Navigation sont du domaine exclusif de la Géométrie; il n'y intervient en réalité que des grandeurs géométriques; les notions de temps qu'on y introduit actuellement sont des notions parasites, dues à la terminologie impropre en usage. Il serait non seulement possible mais avantageux de les faire disparaître.

» Les astres sont en effet, pour les marins, des signaux lumineux grâce auxquels, à l'aide d'un sextant, ils peuvent mesurer la distance du navire à un lieu terrestre bien déterminé, dont le chronomètre et le Recueil d'éphémérides lui fournissent la latitude et la longitude. Ce sont donc des grandeurs angulaires que les marins lisent sur le chronomètre et dans la *Connaissance des temps*; c'est par suite en unités angulaires que ces grandeurs devraient être exprimées.

» Lorsque l'on envisage les questions à ce point de vue, les notions et les unités de temps disparaissent d'elles-mêmes, et la réforme désirée devient réalisable par la décimalisation de l'unité angulaire seule. La difficulté mentionnée plus haut est par ce fait éliminée.

» On a objecté à cette conclusion que, sur beaucoup de navires, pour certains problèmes simples (azimut par l'angle horaire, latitude par la polaire), la montre du bâtiment est employée à la place du chronomètre. Comme il est

impossible de graduer cette montre en unités angulaires, l'emploi de l'unité de temps n'est pas éliminé des problèmes pour lesquels elle est utilisée. En réalité cette objection est sans portée; l'emploi de la montre du bord comme instrument astronomique est un reste d'anciens usages qui s'expliquaient autrefois par des motifs d'économie, et qui n'ont plus de raison d'être aujourd'hui. Au degré de précision que l'on est en droit d'exiger actuellement, cette montre est insuffisante même pour les problèmes dont nous avons parlé, et l'usage devrait désormais en être absolument interdit.

» Les considérations que nous venons d'exposer ne sont pas absolument nouvelles. Elles sont en partie enseignées à notre Ecole Navale, où elles ont été introduites il y a une vingtaine d'années. Elles ont donc fait leurs preuves. Cependant il n'avait pas été possible de les appliquer intégralement, à cause de la forme actuelle des Éphémérides. Il était donc utile d'en faire l'essai pratique, puisque leur adoption était une condition essentielle de la possibilité d'une réforme.

» D'autres difficultés d'ordre pratique méritaient d'être examinées. Comment pourrait s'effectuer la réforme? Une période de transition serait-elle utile pour éviter les confusions qui pourraient résulter, au début, d'une habitude insuffisante des unités nouvelles? Le seul moyen d'élucider ces questions était d'appliquer, à titre d'essai et pendant un temps suffisant, les unités nouvelles à la pratique de la navigation. C'est ce qu'ont fait un certain nombre d'officiers de notre marine, pendant la période de neuf mois comprise entre le 1<sup>er</sup> juin 1899 et le 1<sup>er</sup> mars 1900.

» Cinq croiseurs, dont quatre choisis parmi ceux qui étaient appelés à une navigation particulièrement active, furent désignés pour ces expériences. Le cinquième appartenait à l'escadre de la Méditerranée; il était commandé par un officier de marine dont la grande compétence en matière de calculs nautiques rendait le concours particulièrement précieux (1).

» Chacun de ces navires reçut un chronomètre gradué en unités angulaires décimales et réglé sur le mouvement du soleil moyen, un Recueil d'éphémérides et de Tables nautiques exprimées dans la même espèce d'unités, une collection de cartes revêtues d'une graduation décimale supplémentaire, et enfin un sextant décimal.

» Pour qu'il fût bien entendu qu'il n'était nullement question d'introduire un nouveau mode de division du temps, le chronomètre décimal reçut le nom de *tropomètre*, rappelant que l'instrument donnait non pas un intervalle de temps, mais l'angle dont tourne le cercle horaire du soleil moyen par rapport à un méridien terrestre.

---

(1) Le Capitaine de vaisseau E. Perrin.

» Pendant toute la durée des expériences, plusieurs officiers, sur chaque navire, ont effectué avec les instruments et les documents décimaux toutes les observations et tous les calculs nécessaires à la conduite du navire. Vingt officiers prirent part à ces études et y déployèrent un zèle dont on leur doit d'autant plus de gré que le travail qui leur était commandé venait en surcroît de leur service normal. Ces officiers ont fait les calculs suivants sur leurs observations :

225 points par deux, trois, quatre et même cinq droites de hauteur.

80 droites de hauteur isolées.

33 réglages du tropomètre par les observations astronomiques.

» Les cahiers sur lesquels ont été effectués ces calculs, ainsi que les rapports dans lesquels les officiers expérimentateurs ont résumé leurs opinions, ont été recueillis dans les archives du Bureau des Longitudes, où ils seront conservés pour être consultés lorsque le moment sera venu d'appliquer définitivement les unités nouvelles.

» L'énumération que nous venons de faire des calculs effectués donne la mesure de l'expérience qu'ont pu acquérir les expérimentateurs, et, par suite, du degré de confiance que méritent leurs rapports. Il ne nous est pas possible d'en donner ici une analyse; plusieurs d'entre eux, notamment ceux des capitaines de vaisseau Germinet <sup>(1)</sup> et Perrin, contiennent, relativement à la mise en pratique des unités nouvelles, des indications très détaillées qui seront précieuses quand le moment sera venu. Nous nous bornerons à dire ici que ces rapports sont presque unanimement favorables à l'adoption des unités décimales, et qu'ils expriment unanimement l'avis que l'usage des unités nouvelles est assez simple pour que toute période de transition soit inutile. En d'autres termes, la réforme pourrait être mise en pratique dès que les officiers auraient à leur disposition les instruments, les Cartes et les Tables nécessaires.

» En résumé, ces expériences ont mis en lumière les points suivants :

» 1<sup>o</sup> Que l'introduction des unités décimales serait très précieuse pour la pratique de la navigation;

» 2<sup>o</sup> Que cette réforme pourra être faite sans qu'il soit apporté aucun changement aux unités de temps;

» 3<sup>o</sup> Enfin, que les nouvelles unités pourront être mises en pratique sans soulever de difficultés sérieuses.

» La question n'aurait pas, il est vrai, fait un grand pas, s'il était impossible

---

(1) Commandant la Division navale du Pacifique, dont faisaient partie deux des navires chargés des expériences.

de rien tenter avant la constitution de l'approvisionnement nécessaire pour la mise en pratique intégrale des nouvelles unités.

» Le remplacement des chronomètres sexagésimaux actuels par des chronomètres décimaux entraînerait, en effet, des frais énormes et demanderait un temps considérable. Mais, heureusement, les unités décimales pourront être appliquées avec grand profit, même avec les chronomètres actuels, dès que les marins auront à leur disposition les Cartes et les Tables nécessaires. La seule complication qui résulterait de la conservation des chronomètres sexagésimaux consisterait dans la nécessité d'une transformation d'unités au début du calcul.

» Ramenée à ces proportions, la création du matériel indispensable devient très praticable. Le Service hydrographique français possède, en effet, l'organisation et l'outillage nécessaires pour fournir à tous les marins des Cartes revêtues d'une graduation supplémentaire décimale. Le Bureau des Longitudes pourrait ensuite se charger, lorsque les Cartes seraient prêtes, de la préparation des Éphémérides et des Tables auxiliaires de navigation.

» Je voudrais enfin, avant de terminer, montrer encore en quelques mots que, pour ce qui concerne la navigation, l'opinion assez généralement répandue qu'une entente internationale serait nécessaire n'est pas plus fondée que celle relative à la solidarité des unités de temps et des unités angulaires.

» On dit assez volontiers que les instructions nautiques ont un caractère en quelque sorte international, et que, par suite, pour les marins comme pour les astronomes, il serait imprudent de changer les unités actuelles avant de s'être assuré que les unités nouvelles leur seront partout substituées. Il est certain que, en principe, cette objection a une grande apparence de raison; mais nous allons montrer par un exemple ce qu'il faut penser de l'accord actuel.

» Voici comment s'exprime un même relèvement en France, en Italie et en Angleterre, dans les instructions nautiques et les avis aux navigateurs :

Quand on dit en France . . . . .	S 59° O,
On dit en Italie, où l'on compte de 0° à 360° . . . . .	239°,
Et en Angleterre . . . . .	SW by W $\frac{1}{4}$ W;

et les divergences ne s'arrêtent pas là; les Anglais rapportent les directions au méridien magnétique, tandis que nous les rapportons au méridien géographique; enfin, lorsqu'il s'agit de phares ou d'amers, les relèvements sont donnés à partir du large dans certains pays, et à partir du phare ou de l'amer dans d'autres.

» Il est évident que la substitution du grade au degré dans une ou plusieurs marines n'apporterait pas de complication sensible à cet état de choses.

» Je crois donc pouvoir conclure que l'achèvement du Système métrique, par

l'application de la division décimale du quart de cercle à la navigation, n'attend plus aujourd'hui que la création d'un recueil complet de Cartes graduées dans ce système; et j'exprimerai, en terminant, le vœu que le Service hydrographique français, à l'exemple du Service géographique de l'armée, introduise cette graduation sur ses Cartes. »

M. FOERSTER félicite M. Guyou des travaux et des résultats dont il a bien voulu donner connaissance à la Conférence. Il est de l'opinion que l'introduction de la division décimale du quart de cercle dans la Géodésie et dans l'Art nautique devra être regardée, pour ainsi dire, comme un couronnement de l'introduction générale du Système métrique.

En effet, la fondation du Système métrique a une de ses racines les plus fortes dans l'appréciation des grands avantages qui, pour toutes les déterminations géodésiques et nautiques, sont contenus dans un rapprochement aussi parfait que possible entre les unités linéaires et les unités angulaires servant dans les observations et les calculs de la Géographie mathématique. La navigation avait déjà, pendant des siècles, reconnu et mis en pratique la valeur de l'idée fondamentale du Système métrique élaborée avec tant de génie. L'identification de l'unité nautique des distances linéaires, le mille marin, avec la minute d'arc de la division angulaire de la circonférence du globe terrestre était la première réalisation de ce principe.

C'est dans la Géodésie que l'identification approximative du kilomètre avec la minute centésimale de la division angulaire, c'est-à-dire avec la dix-millième partie du quadrant de la circonférence d'un méridien terrestre, a eu un succès croissant, tandis que, dans la navigation, la réalisation du même principe, déjà approximativement acquise sur la base de l'ancienne division angulaire, devait s'opposer à l'usage des unités métriques aussi longtemps que la division décimale des unités angulaires n'était pas encore acceptée pour les positions géographiques et pour les positions des astres au ciel.

De même, l'ancienne division des unités du temps, si intimement liée aux déterminations des positions des navires, contribuait à rendre très précaire l'innovation en question.

M. Foerster croit donc que M. Guyou aura puissamment contribué à faciliter dans ce sens le grand progrès, qui, de même pour les observations et les calculs des navigateurs, pourra être réalisé par l'introduction de la division décimale du quadrant.

Même si l'Astronomie, pour laquelle la situation, à cet égard, est assez différente, n'accepte pas complètement la nouvelle division angulaire, il sera possible de trouver, pour la pratique de la navigation, comme dans la Géodésie, un sys-

tème de procédés, basé sur l'idée fondamentale du Système métrique, qui facilitera et assurera d'une manière très efficace la navigation entière.

On contribuera très sérieusement à ce progrès si, en même temps, on donne enfin à la navigation les grandes collections des Tables numériques, depuis si longtemps désirées, qui leur livrent les altitudes et les azimuts des astres d'après leurs déclinaisons et angles horaires pour chaque latitude, et si l'on donne alors ces valeurs dans les nouvelles unités angulaires.

M. le PRÉSIDENT déclare que le Rapport important de M. Guyou sera inséré au Compte rendu de cette séance. Il le félicite du beau succès déjà obtenu.

M. le PRÉSIDENT constate qu'une nouvelle règle de bases destinée au Service géographique de l'armée a été disposée dans la salle, pour être présentée à la Conférence, ainsi que les nouveaux appareils pour la mesure rapide des bases. En vue des explications nécessaires, il donne la parole successivement à MM. Benoît et Guillaume.

M. BENOÎT et M. GUILLAUME prennent successivement la parole, et décrivent les nouveaux appareils de Géodésie par deux Communications résumées dans la Note ci-après :

« Au cours des études commencées en 1884, et poursuivies depuis lors conformément aux demandes de divers services géodésiques, nous avons eu l'occasion d'examiner de près presque toutes les règles de bases qui ont joué un rôle important dans la mesure de la terre au cours du XIX<sup>e</sup> siècle; nous avons été ainsi mis à même de comparer leurs mérites respectifs, de constater les défauts des unes et des autres, et, finalement, de nous faire une idée nette des conditions que doit remplir un étalon géodésique. Nous avons déjà arrêté dans ses grandes lignes le projet d'un nouvel appareil, lorsque la découverte des propriétés singulières et précieuses de certains aciers au nickel donnèrent à nos préoccupations une tournure nouvelle, et précipitèrent une solution devenue plus urgente en prévision des grands travaux que l'Association géodésique internationale décida, dans sa session de 1898, de confier au Service géographique français. A l'époque où l'on commençait à préparer les appareils destinés aux mesures géodésiques sur le territoire de la République de l'Équateur, M. le général Bassot nous confia la mission d'étudier le projet d'une nouvelle règle et de la faire construire, nous laissant pleine et entière liberté pour le choix des dispositifs qui nous paraîtraient les plus convenables, insistant seulement sur la légèreté et la robustesse qu'imposait au nouvel appareil la difficulté des transports prévus dans le passage des cols montagneux conduisant de la mer sur les hauts plateaux.

» L'absence des appareils accessoires appartenant au Service géographique, et sur lesquels la nouvelle règle devait être ajustée, rendit sa construction particulièrement longue; nous sommes heureux de pouvoir la présenter à la Conférence, complètement achevée et prête pour l'étude, après laquelle elle ira sans doute rejoindre l'expédition, dont les travaux ont déjà commencé.

» Une rapide description des étalons en usage jusqu'ici, et dont nous avons eu l'occasion de faire l'étude, permettra de saisir mieux les transformations que nous avons fait subir aux appareils et les nombreux détails par lesquels la nouvelle règle diffère des anciennes.

» Depuis qu'on cherche, dans la Géodésie, à atteindre une précision élevée, on a toujours constaté que l'une des plus grosses difficultés de la mesure pratique des bases consiste dans la détermination de la température de l'étalon, en vue du calcul de sa longueur vraie à chaque instant de l'opération. Jusqu'à ces derniers temps, deux systèmes ont été employés concurremment, sans que l'un d'eux se soit montré d'une façon absolument certaine supérieur à l'autre; ce sont : le système monométallique, dans lequel une barre, généralement en fer, est accompagnée d'un ou de plusieurs thermomètres; et le système bimétallique, imaginé par Borda et Lavoisier, et dans lequel l'étalon se compose de deux règles, dont l'une est le plus souvent en platine et l'autre en laiton, et dont on mesure, à chaque portée, la différence de longueur, d'où l'on déduit les dimensions de la règle de platine. Dans le premier système, on admet que l'indication moyenne des thermomètres donne la température de la règle; dans le second, que les deux règles ont la même température moyenne.

» Parmi les étalons du premier système étudiés au Bureau, nous citerons : les quatre règles autrichiennes, d'une longueur égale à deux toises de Vienne, et qui consistent en des bandes peu épaisses de fer portées par des poutres de bois; la double toise à bouts de Poulkovo, robuste règle de fer enfermée dans une boîte de bois; la règle du Cap, de dix pieds anglais, étalon à traits tracé sur le plan des fibres neutres; les règles construites sur les indications du général Ibañez par les frères Brunner; enfin les trois étalons, également en fer, de quatre mètres comme les précédents, exécutés d'après les plans du Dr Broch.

» Les règles bimétalliques dont nous avons eu à nous occuper sont les quatre étalons de Borda, de 2 toises de longueur, qui se composent chacun d'une bande de laiton et d'une bande de platine directement superposées et réunies par une extrémité; l'étalon de Porro, de 3 mètres, formé par deux règles d'acier et de laiton placées côte à côte dans une boîte en bois; enfin, les règles construites par la maison Brunner, et dans lesquelles un étalon de platine et un étalon de laiton sont supportés sur quatorze paires de rouleaux au sommet d'une robuste pièce de fer en forme de T renversé. Une de ces règles, apparte-

nant au Service des Arpentages d'Égypte, est actuellement au Bureau et permettra d'établir un parallèle avec le nouvel étalon.

» Les appareils anciens, suffisants pour les besoins de chaque époque, ont été abandonnés à la suite des critiques justifiées auxquelles ils avaient donné lieu; nous n'aurons donc pas à nous en occuper davantage, et il nous suffira d'insister sur les quelques défauts des appareils plus récents, ainsi que sur la façon dont nous avons pensé pouvoir les éviter.

» Les règles monométalliques Ibañez ont, sur les anciennes, l'avantage d'une beaucoup plus grande rigidité; dans l'usage, elles reposent seulement sur deux points, ce qui nous paraît indispensable pour un étalon de précision, et notamment pour une règle destinée à subir de nombreux transports. Mais elles sont tracées à leur partie supérieure, très loin, par conséquent, du plan des fibres neutres, et subissent sensiblement l'effet du mode de support. Ainsi, lorsque l'un des rouleaux sur lesquels la règle repose se déplace de  $1\text{ cm}$ , la distance des traits extrêmes varie d'une quantité de l'ordre de 1 micron. Cette variation impose un réglage très exact des supports, et complique, par conséquent, un peu les opérations en campagne. De plus, cette règle est très lourde par elle-même, et admettrait difficilement une enveloppe protectrice qui la rendrait peu maniable.

» Dans les règles dont il a donné les dessins, et qui se composent d'une forte barre en T droit, le Dr Broch a réalisé la condition des fibres neutres en échançant les extrémités de la barre. Mais il en résulte que la règle ne peut porter que les traits extrêmes, et n'est, en conséquence, susceptible que d'être déterminée par rapport à d'autres étalons de même longueur, et non d'être étalonnée mètre par mètre. Ces étalons, munis de rouleaux adhérents, sont aussi très lourds et ne peuvent guère être enveloppés.

» Dans les règles bimétalliques de Brunner, on a cherché à éviter, autant que possible, les adhérences, sensibles dans les étalons de Borda, des deux bandes de métal composant l'étalon, en les supportant séparément sur des rouleaux superposés. La règle de platine, placée au-dessus de la règle de laiton, porte à chaque extrémité une fenêtre dans laquelle affleure une pièce portée par l'autre règle.

» Malgré la présence des rouleaux, les frottements que subissent les règles sont encore appréciables, et l'on constate fréquemment, dans les mesures, des retards de dilatation; la règle de laiton étant protégée, alors que l'étalon de platine ne l'est pas, on peut craindre que leur température soit généralement un peu différente; enfin, un petit déplacement des rouleaux dans le sens vertical, l'introduction d'une poussière entre eux et la règle, au voisinage des extrémités, peuvent produire des flexions qui modifient la longueur apparente de celle-ci. Ainsi l'expérience a montré que, si l'on introduit sous les rouleaux

extrêmes des cales de  $0^{\text{mm}},11$  d'épaisseur, la règle de laiton se raccourcit en apparence de  $10^{\mu}$  environ.

» L'étalon bimétallique avec son support est très lourd et peu maniable; les règles, placées au sommet de la poutre, sont particulièrement exposées à des chocs ou des contacts maladroits; les poignées, placées au-dessous du centre de gravité, nécessitent une grande attention, pour éviter que, dans les mouvements de balancement, les étalons ne viennent appuyer directement contre les porteurs, ce qui pourrait soit détériorer ces règles si délicates, soit au moins modifier leur température.

» Malgré ces défauts, les étalons bimétalliques de Brunner ont donné de bons résultats, mais seulement au prix d'efforts considérables et d'une attention soutenue de la part de tout le personnel employé à les manœuvrer.

» Nous avons songé depuis longtemps à modifier le système bimétallique de manière à rendre les étalons plus maniables, et nous avons pensé à remplacer le support des étalons Brunner par une règle en forme d'auge ou d'H, à l'intérieur de laquelle les étalons auraient été protégés. Ce n'est qu'à la suite de la découverte d'un alliage très peu dilatable que nous avons définitivement renoncé aux étalons bimétalliques, et que nous avons adopté le dispositif que nous allons décrire.

» Les conditions que nous avons imposées au nouvel appareil sont les suivantes : l'étalon doit être supporté par deux points seulement, et doit posséder toute la rigidité compatible avec les conditions de poids assurant la facilité de son transport; il doit être tracé sur le plan des fibres neutres, mis à découvert dans toute sa longueur; enfin, il doit être complètement enveloppé dans une boîte métallique se supportant elle-même.

» Partant de là, nous avons prévu, pour l'étalon, la forme en H avec talons, de  $40^{\text{mm}}$  au côté, pour laquelle le calcul nous a fourni les éléments suivants :

Aire de la section.....	$798^{\text{mm}^2},95$
Moment d'inertie vertical.....	$110\,513^{\text{mm}^4}$
Moment d'inertie horizontal.....	$123\,283^{\text{mm}^4}$
Masse totale, pour la densité 8,1.....	$26^{\text{kg}},2$
Flèche, la règle, supposée en acier-nickel, étant portée sur les points de flexion minima.....	$0^{\text{mm}},63$

» On remarquera que la flèche totale de la règle supportée par les points de flexion minima est extrêmement faible, et que l'étalon, relativement léger, possède encore une rigidité parfaitement suffisante. Mais cette flèche même a pu être à peu près annulée par le mode de dressage de la règle, qui a été rabotée, dans les dernières passes, alors qu'elle reposait par ses points de support nor-

maux. Elle est donc sensiblement rectiligne dans l'usage, et nous avons vérifié que les cinq groupes de traits marquant les mètres successifs sont simultanément au point dans les microscopes, rigoureusement alignés, de notre comparateur géodésique.

» La boîte entourant la règle est en aluminium. Le couvercle est fixé par une série de vis, et porte, aux extrémités, deux trappes qui peuvent se rabattre en arrière, mettant à découvert les traits extrêmes. Ces trappes sont fermées par des serrures. De mètre en mètre, le couvercle porte une ouverture que peut recouvrir une plaque de métal; il est muni de deux fentes pour la lecture des thermomètres et de deux autres laissant passer les pieds du niveau.

» Au fond de la boîte on a fixé, en l'un des points de support, une pièce en dos d'âne sur laquelle repose la règle; au second point de support, l'étalon appuie sur un rouleau. Des cales métalliques garnies de cuir permettent de serrer plus ou moins la règle dans la boîte, de manière tout au moins à prévenir les oscillations dangereuses des transports. Les poignées sont placées en face des points de support, à la partie supérieure de la boîte, qui leur est suspendue dans le transport sur la base et n'a, par conséquent, aucune tendance au renversement.

» Le niveau possède une fiole à compensation, contenue dans un tube d'acier-nickel de même dilatation que le verre, de manière à éviter les variations dans le serrage. Les thermomètres sont pris par deux supports pinçant la nervure supérieure; le réservoir est entièrement noyé dans une pièce d'aluminium descendue dans le creux de la règle.

» Pour l'exécution de l'étalon, nous nous sommes adressés à la Société de Commentry-Fourchambault, qui a fourni la barre d'acier-nickel peu dilatable à la forme approximative qui avait été calculée. L'achèvement du travail a été confié à la Société genevoise, qui s'en est acquittée avec une perfection qui lui fait le plus grand honneur.

» Depuis quelques années déjà nous avons été conduits, par les relations que le Bureau entretient avec les principaux Instituts géodésiques, à nous occuper incidemment de l'étude du procédé imaginé par M. Jäderin pour la mesure rapide des bases, et consistant, comme on sait, à fixer la position de repères successifs à l'aide de fils de métal auxquels on donne une tension constante au moyen de dynamomètres fixés à leurs extrémités. Déjà l'emploi de l'acier-nickel avait permis de simplifier beaucoup le procédé primitif, pour lequel M. Jäderin s'était rallié d'abord au système bimétallique, abandonné maintenant aussi par l'inventeur, et remplacé déjà, dans la mesure des bases du Spitzberg, par le système monométallique, avec un seul fil d'alliage très peu dilatable.

» Les études préliminaires, dont nous avons pu communiquer quelques résul-

tats à l'Association géodésique internationale dans sa réunion de 1900, ayant montré que la méthode pouvait donner une assez grande exactitude, mais était encore susceptible de notables perfectionnements, un vote unanime de l'Association confia au Bureau international la mission de poursuivre ces études, et de donner la possibilité de déterminer rapidement et avec précision les fils de 24<sup>m</sup> de longueur, proposés et normalement employés par M. Jäderin.

» D'importantes réparations exécutées dans les laboratoires du Bureau permirent de donner au vœu de l'Association géodésique une réalisation plus rapide et plus complète qu'on n'eût pu l'espérer.

» Lors de la construction de l'Observatoire du Bureau, on avait ménagé entre les deux murs de fondation limitant le couloir antérieur un espace de 2<sup>m</sup>, 20 de largeur régnant sur toute la longueur du bâtiment, mais qui, dans la suite de la construction, avait été rempli de décombres, et qui était resté dans cet état depuis l'achèvement des bâtiments. La voûte d'un caveau inférieur émergeait dans cet espace, qu'elle coupait en deux parties égales.

» C'est dans ce couloir souterrain qu'on résolut de disposer les appareils destinés à la vérification des fils. Les décombres furent d'abord enlevés et la voûte coupée et remplacée par une partie droite sur la largeur du couloir. Ensuite on fixa, contre le mur très épais qui se trouve du côté intérieur du bâtiment, une série de sept repères constitués par des plaques de nickel portant chacune un trait, et encastrées dans de solides embases de bronze scellées dans le mur, dans lequel elles sont assujetties par une épaisse couche de ciment. Ces repères ont été ajustés avec toute l'exactitude possible, de telle sorte que les traits se trouvent maintenant alignés sur une droite, à des distances respectives très voisines de 4<sup>m</sup>. Le sol du couloir a été nivelé et bétonné, puis on y a scellé une série de crapaudines destinées à recevoir les vis calantes des supports d'une règle et de deux cathétomètres.

» La base ainsi établie sur une longueur de 24<sup>m</sup> est susceptible d'être mesurée avec une précision relativement très grande. Une règle de 4<sup>m</sup> en acier-nickel, semblable à celle qui vient d'être décrite, porte, sur le bord supérieur, deux traits tracés à 4<sup>m</sup> de distance. Cette règle est amenée à l'affleurement des repères, ses traits étant placés aussi près que possible de ceux qui définissent l'un des intervalles de la base; elle est portée, dans cette opération, sur deux trépieds en bois munis de rouleaux placés dans les points de support qui assurent la verticalité de la tranche passant par chacun des traits terminaux de la règle. C'est, en effet, dans cette condition seulement que la distance des traits est la même quelle que soit l'orientation de la règle par rapport à son axe longitudinal. La distance de ces traits étant mesurée au comparateur dans la position horizontale de la surface tracée, et étant utilisée ensuite dans la position verticale de cette surface, il était important de satisfaire à cette condition.

» La position des repères par rapport aux traits de la règle est déterminée au moyen de deux microscopes micrométriques fixés à des cathétomètres.

» Pour utiliser la base en vue de la vérification des fils, on a scellé dans le mur, en dehors des repères extrêmes, des glissières verticales sur lesquelles peuvent se déplacer des axes soutenant, à chaque extrémité de la base, une poulie sur laquelle passe une corde que l'on attache au fil à mesurer et qui porte, d'autre part, un poids convenable, généralement 10<sup>kg</sup>.

» Le fil à mesurer étant ainsi tendu automatiquement, on amène ses échelles en face des repères extrêmes, et, faisant des lectures simultanées à ses deux extrémités, on détermine sa longueur avec la plus grande facilité. Un très faible effort permet de déplacer le fil et de répéter les lectures en divers points de l'échelle.

» Nous avons établi, au printemps dernier, trois couples de fils d'acier-nickel dont les dilatabilités sont respectivement égales à  $\frac{1}{10000000}$ ,  $\frac{9}{10000000}$  et  $\frac{18}{10000000}$  par degré. Ces fils ont été fréquemment comparés à la base, et nous avons pu constater, entre les résultats réduits à la même température, une constance remarquable rendant inutile la mesure fréquente de la base, que nous avons d'abord projeté de faire (1).

(1) La mesure, faite une fois par semaine, généralement avec l'aide de M. Maudet, a donné, pour la distance des repères extrêmes de la base, rapportée à la moyenne de la longueur des six fils réduite à 15°, les nombres ci-après, dont les derniers ont été observés pendant l'impression du présent Rapport.

Dates.	Températures.	Base. — Moyenne des fils.
20 juillet .....	17,65	+0,45 <sup>mm</sup>
27 » .....	15,60	+0,24
3 août .....	16,80	+0,43
10 » .....	16,85	+0,53
17 » .....	16,27	+0,43
24 » .....	16,85	+0,55
31 » .....	16,00	+0,50
7 septembre .....	15,30	+0,47
14 » .....	15,30	+0,43
21 » .....	15,08	+0,38
28 » .....	15,11	+0,40
5 octobre .....	15,12	+0,41
12 » .....	14,37	+0,35
19 » .....	13,50	+0,27
26 » .....	12,90	+0,18
2 novembre .....	11,63	-0,04
9 » .....	10,40	-0,18
16 » .....	10,43	-0,23
23 » .....	9,73	-0,26

On voit qu'il existe un parallélisme presque absolu entre les mouvements de la température et les variations de la longueur de la base. La dilatation du mur portant les repères serait, d'après ces observations, d'environ 3<sup>μ</sup>,6 par degré et par mètre.

» La base, faisant partie d'un mur de fondation déjà ancien et d'une construction extrêmement solide, dans un couloir souterrain protégé par le volumineux bâtiment de l'Observatoire du Bureau, se prêtera, dans les meilleures conditions possibles, à toutes les vérifications des fils, aux épreuves d'enroulage et de déroulage, aux recherches concernant les mérites comparatifs des divers métaux ou alliages, le diamètre des fils, l'effort tenseur le plus avantageux, en un mot à tous les détails de construction des fils eux-mêmes. Mais le mode d'observation des fils sur cette base est trop différent de leur emploi sur le terrain pour que l'on puisse espérer en tirer des conclusions complètes concernant la précision véritable qu'ils permettent de garantir dans un travail fait en plein air, avec des appareils aisément transportables, et en employant les procédés de tension compatibles avec un travail rapide et un matériel peu encombrant.

» C'est pour répondre plus complètement aux préoccupations des géodésiens au sujet de l'application pratique des fils à la mesure des bases que nous avons fait construire, pour l'usage du Bureau, un matériel complet de mesures, pour lequel nous nous sommes écartés sensiblement des appareils primitifs de M. Jäderin, et que nous mettrons en œuvre sur une base de 550<sup>m</sup> environ qui sera établie très prochainement dans la grande allée du Parc de Saint-Cloud. Les termes de cette base seront constitués par de forts piliers en béton, complètement enterrés, et portant des repères métalliques.

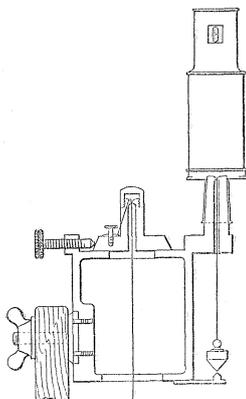
» Nous avons déjà fait de nombreuses expériences préliminaires en nous servant de repères mobiles établis sur le modèle de ceux de M. Jäderin, et consistant en un trépied surmonté d'une pièce métallique composée de deux tiges superposées et mobiles sur des articulations sphériques. Cet appareil présente l'avantage de donner au repère un déplacement rapide et de grande amplitude sans que l'on ait à déplacer le trépied.

» Mais il est très difficile, avec ce dispositif, d'amener le repère dans la position exacte qu'il doit occuper; et, de plus, la détermination du point du sol qui se trouve verticalement au-dessous exige l'emploi d'un théodolite, ou tout au moins d'une lunette susceptible de se mouvoir rigoureusement dans un plan vertical.

» Il nous a donc paru plus avantageux, à tous égards, et notamment en vue des opérations à faire sur notre nouvelle base, de posséder un appareil permettant un déplacement pour ainsi dire micrométrique du repère, et muni d'un fil à plomb pour la détermination de la verticale. L'appareil que nous avons imaginé, et qui a été spécialement étudié et construit, après une étude de détail, par M. Carpentier, se compose d'un cylindre creux de métal (*fig. 1*) porté par le trépied, et surmonté d'une sorte de cuvette, munie à sa périphérie de trois vis à double filet, dans laquelle se meut une tablette faisant corps avec le goujon vertical portant les traits de repère.

» Ce goujon est percé d'un trou central pour le passage d'un fil à plomb relié à une vis, et susceptible d'être allongé ou raccourci à volonté, de manière à amener toujours sa pointe au ras du sol. Un autre fil à plomb, très court, placé sur le côté de l'appareil, permet d'en vérifier la verticalité; enfin, la pièce conique à laquelle est fixé ce fil à plomb sert de support à un niveau à pendule,

Fig. 1.



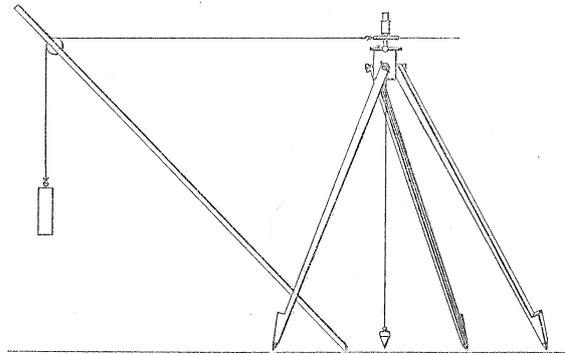
du système Goulier, permettant de déterminer, par une simple visée, l'angle que forme chacune des portées avec l'horizontale.

» Pour placer les trépieds, on commence par tendre, sur le terrain, un long ruban d'étoffe, dans la verticale duquel on place le repère, en s'aidant du long fil à plomb; puis, au-dessus des termes fixés dans le sol, on peut, si on le désire, opérer par un déplacement micrométrique de la tablette.

» Pour donner au fil la tension voulue, nous nous sommes servis jusqu'ici des dynamomètres proposés par M. Jäderin, et qui nous ont donné de bons résultats; cependant, si l'on veut opérer avec une tension de  $10^{\text{kg}}$ , il est nécessaire d'avoir à sa disposition des aides d'assez grande taille, vigoureux et suffisamment exercés. En l'absence de l'une de ces conditions, les mesures deviennent pénibles pour les observateurs, qui ne peuvent pas compter sur une position suffisamment stable des réglettes. M. Jäderin avait essayé de substituer des poids aux dynamomètres, mais avait renoncé à leur emploi en raison de la nécessité, qu'il pensait devoir entraîner, d'employer sur le terrain des dispositifs compliqués. Nous sommes cependant revenus aux poids tenseurs, et nous y avons réussi sans augmenter le matériel à transporter sur la base, en nous servant, pour soutenir la poulie sur laquelle passe la corde fixée d'une part au fil métallique et d'autre part au poids, d'un piquet que l'on incline à  $45^{\circ}$ , et que l'on appuie contre le sol au moyen d'une bêche ou fourche permettant, avec un effort insignifiant, soit d'assurer à la poulie une position fixe, soit de donner au fil, suivant les indications de l'observateur, de petits mouvements dans tous les

sens. Grâce à ce dispositif (*fig. 2*) l'observateur peut, à son gré, déplacer le fil dans le sens de sa longueur, sans modifier sa tension et sans déranger le point d'attache de la poulie, alors que, dans le système du dynamomètre, ce déplacement ne peut être obtenu que par un mouvement simultané effectué

Fig. 2.



par les aides aux deux extrémités. Avec notre nouveau dispositif, les lectures successives sur une même portée deviennent extrêmement rapides.

» L'ensemble des appareils que nous venons de décrire va nous permettre, tout d'abord, de fixer les termes de notre nouvelle base; dans la suite, ils nous serviront à étudier tous les détails pratiques de la méthode; enfin, ils pourront être mis à la disposition des observateurs désireux de se familiariser avec le procédé rapide de mesure des bases, et qui trouveront immédiatement un contrôle de l'exactitude de leurs opérations. »

M. le PRÉSIDENT constate que l'ordre du jour de la Conférence est épuisé. Comme la Conférence ne tiendra plus de séances, il propose qu'elle autorise le Comité à approuver le dernier Compte rendu. La proposition est adoptée.

M. DE MACEDO demande la permission de contribuer à un acte de justice et de courtoisie en exprimant, en son nom et en celui de tous ses collègues, les plus chaleureux remerciements à M. le Président pour la bienveillante cordialité et le sentiment élevé de sa mission avec lesquels il a dirigé et facilité les travaux de la Conférence.

Il tient également à remercier M. le Secrétaire de l'activité avec laquelle il a accompli sa tâche difficile et laborieuse.

M. BOUQUET DE LA GRYE est très touché des sentiments exprimés à son égard par M. de Macedo, et, s'il a pu réussir dans la tâche honorable qui lui avait été confiée, c'est grâce à l'amabilité et à la bonne entente de tous les Membres de la Conférence. Il a beaucoup appris pendant ces jours de travail dans un

domaine parfois un peu nouveau pour lui, et il conservera, des moments passés au sein de cette Conférence, un excellent souvenir qui ne s'effacera pas. Il s'associe aux remerciements exprimés à l'égard de M. Blaserna, dont la collaboration lui a été aussi précieuse.

M. BLASERNA remercie de tout son cœur M. le Président, M. de Macedo et tous les Membres de la Conférence de leur bienveillant accueil.

M. le PRÉSIDENT déclare close la troisième session de la Conférence générale des Poids et Mesures et lève la séance à 5<sup>h</sup>.

Pour l'approbation des Comptes rendus :

*Le Secrétaire de la  
Conférence et du Comité,*  
BLASERNA.

*Le Président de la  
Conférence,*  
BOUQUET DE LA GRYE.

*Le Président du  
Comité,*  
FOERSTER.



## TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
<b>COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA TROISIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES, EN 1901.....</b>	1-102
<i>Première séance, du 15 octobre 1901.....</i>	5- 15
Liste des délégués et invités.....	5- 8
Discours d'ouverture de S. Exc. M. le Ministre des Affaires étrangères...	8
Discours de M. Foerster, Président du Comité international des Poids et Mesures.....	9- 12
Discours de M. Bouquet de la Grye, Président de la Conférence.....	12, 13
Ordre du jour de la Conférence.....	14, 15
<i>Deuxième séance, du 16 octobre 1901.....</i>	16- 45
Liste des délégués et invités.....	16
Établissement de la liste des votants.....	17
Élection du Secrétaire de la Conférence.....	17
Rapport du Président du Comité.....	18- 22
Rapport du Directeur du Bureau sur les vérifications des prototypes nationaux.....	23- 25
Rapport de M. Guillaume sur la vérification des thermomètres nationaux..	25- 27
Décision relative aux comparaisons des kilogrammes.....	28
Communication de M. Benoît sur l'étude des subdivisions du mètre, la construction des règles décimétriques et la détermination de la masse du décimètre cube d'eau.....	28- 35
Communication de M. Chappuis sur diverses déterminations thermométriques.....	35- 36
M. Lagrave informe la Conférence que S. Exc. M. le Ministre du Commerce assistera à la prochaine séance.....	37
Communication du Comité international concernant la définition du litre...	38, 39
Communication relative au Règlement sur les vérifications.....	39- 42
Décisions relatives au personnel du Bureau.....	42- 45
<i>Troisième séance, du 18 octobre 1901.....</i>	46- 65
Liste des délégués et invités.....	46
Discours de S. Exc. M. le Ministre du Commerce et réponses du Président du Comité et du Directeur du Bureau.....	46- 49
Projet de règlement concernant l'organisation d'une caisse de retraites et discussion du projet.....	49- 52
Renouvellement du Comité.....	52, 53
Communication du Président du Comité sur le budget futur du Bureau, discussion et vote.....	53- 57
Communication de M. Guillaume sur l'état des législations concernant les prototypes internationaux.....	57- 60
Communication de M. Foerster sur le même sujet, et propositions concernant l'unité de masse et l'unité de poids.....	61, 62

	Pages.
Communication de M. Marek sur la même question.....	62- 64
Ouverture du dépôt des prototypes.....	64- 65
<i>Quatrième séance, du 22 octobre 1901.....</i>	<i>66-102</i>
Liste des délégués et invités.....	66
Adhésion du délégué du Mexique au projet de budget.....	67
Invitation de M. le Président de la République.....	67
Communication de M. le Président relative à la constitution du Comité....	67
Déclaration relative à l'unité de masse et à la définition du poids, et discussion.....	68- 70
Lettre adressée par le Président du Comité à M. le Ministre des Affaires étrangères au sujet de diverses communications prévues pour la Conférence.....	73
Communications de MM. E. Widmer, Ed. Simon et F. Roy concernant le numérotage des fils textiles, et discussion.....	74- 79
Communication de M. Sauvage sur le Système international de filetages à base métrique.....	79- 83
Déclarations de M. Chaney et de M. Foerster sur la même question.....	84
Communication de M. le Commandant Guyou sur l'introduction de la division décimale du quart de cercle dans la pratique de la navigation.....	85- 91
Communication de M. Foerster sur le même sujet.....	92
Communications de MM. Benoît et Guillaume sur une nouvelle règle géodésique et sur les appareils destinés à la mesure rapide des bases.....	92-101
Remerciements au Président et au Secrétaire, et clôture de la Conférence..	101, 102