

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES.

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES.

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME III.

SESSION DE 1905.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—
1905

LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES,

AU 1^{er} MAI 1905.

Président du Comité :

1. M. W. FOERSTER, Professeur à l'Université, Ahorn Allee 40, Westend, *Berlin-Charlottenbourg*.

Secrétaire du Comité :

2. M. P. BLASERNA, Sénateur du Royaume d'Italie, Professeur de Physique à l'Université, via Panisperna 89^b, *Rome*.

Membres :

3. M. le Professeur ARNDTSEN, Directeur général des Poids et Mesures, *Christiania*.
4. M. F. DE P. ARRILLAGA, Membre de l'Académie des Sciences, Lagasca, 6, *Madrid*.
5. M. L. BODOLA DE ZAGON, Professeur de Géodésie à l'École Polytechnique, VII Damjanich Utca, 52, *Budapest*.
6. M. H.-J. CHANEY, Superintendent of Weights and Measures, Board of Trade, Standards Department, 7, Old Palace Yard, Westminster, *Londres*.
7. M. le Professeur N. EGOROFF, Directeur adjoint de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, 19, Zabal-kanski, *Saint-Pétersbourg*.
8. M. le Professeur R. GAUTIER, Directeur de l'Observatoire, *Genève*.

9. M. le Professeur H.-B. HASSELBERG, Membre de l'Académie des Sciences, *Stockholm*.
10. M. le Professeur St.-C. HÉPITÈS, Directeur de l'Institut météorologique et du Service central des Poids et Mesures, *Bucarest*.
11. M. V. VON LANG, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université, Türkenstrasse, *Vienne*.
12. M. H. DE MACEDO, Ministre plénipotentiaire, *Lisbonne*.
13. M. E. MASCART, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Bureau central météorologique, 176, rue de l'Université, *Paris*.
14. M. le D^r SAMUEL W. STRATTON, Directeur du Bureau of Standards, *Washington*.
15. M. le D^r J.-René BENOÎT, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures.

Membres honoraires :

1. M. le Professeur D. MENDELEEFF, Directeur de la Chambre centrale des Poids et Mesures, 19, Zabalkanski, *Saint-Petersbourg*.
2. M. le Professeur A.-A. MICHELSON, Université, *Chicago*.
3. M. le Professeur R. THALÈN, *Upsal*.



LISTE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE
DU
BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
AU 1^{er} MAI 1905.

Directeur..... D^r J.-RENÉ BENOÎT.
Directeur adjoint..... D^r CH.-ÉD. GUILLAUME.
Aides..... { M. L. MAUDET.
 { M. A. TARRADE.
 { M. A. PÉRARD.

Membre honoraire du Bureau international :
M. le D^r P. CHAPPUIS, à *Bâle*.



SESSION DE 1905.

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL,

Mercredi 5 avril 1905.

PRÉSIDENTE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, EGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, VON LANG, MASCART, STRATTON.

M. Guillaume, invité, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 3 heures.

M. le PRÉSIDENT souhaite à ses collègues la bienvenue et constate que, le *quorum* réglementaire étant dépassé, le Comité est en nombre pour délibérer valablement. Il déclare, en conséquence, ouverte la session de 1905.

M. le PRÉSIDENT regrette l'absence, malheureusement prévue, de M. de Macedo, dont l'état de santé continue à être très peu satisfaisant, et présente les excuses de M. Hépitès, empêché par ses fonctions académiques de prendre part à la session.

En revanche, M. le PRÉSIDENT est heureux de pouvoir saluer, au nom du Comité, le nouveau collègue, M. le Dr Stratton, unanimement élu comme successeur de M. Michelson, et qui a bien voulu passer l'Océan pour prendre part, dès cette session, aux travaux du Comité. M. Stratton, qui est le chef de l'Administration des Poids et Mesures aux États-Unis, apportera à l'œuvre commune une contribution très efficace, qui aura l'action la plus heureuse sur l'expansion ultérieure du Système métrique.

La présence de M. Stratton reporte, ajoute M. le Président, notre pensée sur son illustre prédécesseur M. Michelson, qui, presque absolument empêché par ses grands travaux scientifiques de faire le long voyage de France, a demandé au Comité la permission de se retirer, en vue d'avoir un successeur qui puisse prendre une part plus régulière aux sessions. Tout en reconnaissant les raisons élevées qui ont dicté à M. Michelson cette résolution, il estime que le Comité ne pourrait se résoudre à être séparé complètement d'un savant si éminent, qui a puissamment contribué, par des travaux de premier ordre, à la fixation d'un témoin scientifique du mètre, pour lui donner, en valeur naturelle, un très important appui.

M. le PRÉSIDENT propose donc de nommer M. Michelson Membre honoraire du Comité. La proposition est adoptée à l'unanimité et par acclamation. M. le Président expédie immédiatement le télégramme suivant :

« *Professeur Michelson, Université, Chicago, États-Unis.*

» Comité international Poids et Mesures, désirant conserver rapports cordiaux scientifiques, vous nomme, unanimité, dans première séance, Membre honoraire.

» FOERSTER. »

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Directeur du Bureau pour présenter au Comité son Rapport réglementaire.

M. BENOÎT donne lecture du Rapport suivant :

I. — PERSONNEL.

Je n'ai à signaler, sur ce Chapitre, que le départ de M. Murat, qui est resté attaché au Bureau international, comme Aide, pendant deux ans, et qui nous a quittés à la fin de 1904, pour aller reprendre, à Bucarest, les fonctions qu'il avait momentanément abandonnées. Nous ne lui avons pas encore trouvé un remplaçant.

II. — BATIMENTS.

Je n'ai également que peu de choses à dire concernant les bâtiments. Aucune réparation importante n'a été faite depuis la précédente session; et si les comptes de ce Chapitre sont pourtant, comme on le verra plus loin, un peu chargés, c'est seulement parce qu'on a achevé de liquider les dernières dépenses relatives aux améliorations et changements importants qui avaient été faits, sur crédits extraordinaires, dans la période précédente. Ces dépenses se rapportaient, ainsi que je l'ai dit précédemment, aux travaux de vitrerie et peinture exécutés, tant dans l'observatoire, principalement dans sa partie nouvellement construite, que dans les bâtiments d'habitation, et dont nous n'avons pas encore obtenu, jusque-là, les mémoires.

Dans les travaux d'entretien ordinaires et obligés, les réparations de toitures jouent, comme toujours, un rôle assez important. Il a fallu, en outre, restaurer et remettre à neuf les deux calorifères de l'Observatoire.

Pour répondre à un désir exprimé dans la dernière session, on a établi une canalisation électrique, et installé des lampes à incandescence, dans l'escalier qui descend au dépôt des prototypes, jus-

qu'à la porte de ce dépôt. Le caveau supérieur, dont nous avons la libre disposition, a été également éclairé électriquement. On y a, en outre, placé de grandes tables d'ardoise, montées sur pieds en fonte de fer; et des tables pareilles ont été préparées pour en garnir le caveau inférieur, qui constitue le dépôt.

Ce dépôt a été ouvert, le 11 octobre dernier, lors du voyage d'inspection fait à Breteuil par le Président et le Secrétaire du Comité, pour en retirer le Kilogramme témoin n° 1, destiné à permettre de compléter la série de comparaisons faites sur un certain nombre de kilogrammes prototypes, conformément à une décision prise par le Comité. Procès-verbal de cette opération a été dressé. Tout a été trouvé en ordre dans le coffre-fort des prototypes. Les thermomètres à maxima et minima enfermés dans ce coffre-fort ont accusé des variations de température comprises dans un intervalle de 3 degrés environ, depuis la précédente visite, faite un an et demi auparavant. La température actuelle a été trouvée de 12°, 2. La clef qui doit rester déposée entre les mains du Directeur des Archives nationales lui a été ensuite rendue.

III. — MACHINES ET INSTRUMENTS.

Les appareils et instruments que nous avons acquis ou fait construire, depuis la dernière session, se rapportent avant tout aux deux questions générales dont nous avons à poursuivre ou à entreprendre l'étude; c'est-à-dire à la continuation de nos recherches sur la masse du décimètre cube d'eau, et à une nouvelle détermination de l'unité métrique en longueurs d'ondes lumineuses par les méthodes interférentielles de MM. Pérot et Fabry et en collaboration avec eux.

En ce qui concerne la première de ces recherches, nous avons fait construire quatre cylindres de bronze, qui ont été utilisés par M. Guillaume, en appliquant pour les mesures des dimensions la méthode des contacts, déjà employée par lui dans le premier travail dont nous avons antérieurement rendu compte. Ces cylindres, après un premier ajustage dans les ateliers de la Section technique de l'Artillerie, ont été achevés, c'est-à-dire rodés et polis par M. Jobin. Les deux premiers venaient d'être livrés par celui-ci au moment de notre dernière réunion. Les deux autres, terminés depuis, ont été

successivement remis entre nos mains et mis immédiatement à l'étude. Comme j'aurai occasion de le redire plus loin, ces cylindres constituent des pièces tout à fait remarquables, au point de vue de la perfection de leur forme géométrique. Le dernier surtout, le plus volumineux, et par conséquent le plus important au point de vue du résultat à obtenir, peut être considéré comme d'une valeur absolument exceptionnelle. Ils font le plus grand honneur à l'habileté des constructeurs.

La nouvelle détermination projetée de la valeur du Mètre en longueurs d'ondes comportait la construction d'une série d'étalons interférentiels ayant respectivement les longueurs de 1^m, 50^{cm}, 25^{cm}, 12^{cm}, 5, 6^{cm}, 25. Chacun de ces étalons est constitué par une forte barre, en acier-nickel à 36 pour 100 de nickel, dit *invar*, à section en U, portant à ses extrémités deux glaces demi-argentées, avec les moyens de réglage nécessaires pour réaliser le parallélisme exact. Cette barre est portée par des vis calantes, sur une semelle, également en invar. Une règle de 1 mètre du même métal, devant servir d'étalon de comparaison, est adjointe à cette série. Les barres en acier-nickel ont été fournies par la Société de Commentry-Fourchambault. Elles ont subi un premier rabotage dans notre atelier, et ont été ensuite amenées à leur forme définitive dans l'atelier du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, qui est incomparablement mieux outillé que le nôtre. Enfin, elles ont été soumises, chez nous, à l'étuvage prolongé, qui est nécessaire pour amener l'alliage dont elles sont formées à un état de stabilité satisfaisant. Les glaces et tous les organes annexes ont été construits par M. Jobin. Les appareils pour l'étude dont il s'agit sont donc à peu près complètement prêts, et nous pourrions montrer au Comité, non seulement ces appareils, mais encore une expérience montée à blanc.

Après avoir très soigneusement examiné toutes les conditions de la meilleure installation possible pour ces expériences, et les facilités dont nous disposons de part et d'autre pour les monter, MM. Pérot, Fabry et moi avons décidé de faire les mesures, non à Breteuil, mais dans les locaux de la Section de métrologie du Laboratoire d'essais, au Conservatoire, lesquels se prêtent mieux à un bon arrangement des appareils. Nous y trouvons en effet une grande salle, mettant à notre disposition la longueur en ligne droite de 8 mètres environ dont nous avons besoin. Elle contient le comparateur (ancien compara-

teur de la Section française, considérablement transformé), qui pourra être traversé longitudinalement par le faisceau lumineux, et permettra ainsi de faire les observations interférentielles sur l'étalon de 1 mètre, tout en le comparant, simultanément, à la règle étalon. Dans nos salles, nous n'aurions pu obtenir ces résultats qu'en déviant à plusieurs reprises le faisceau lumineux par des réflexions sur des miroirs, qui constituent toujours des difficultés de réglage, entraînent des pertes de lumière, et peuvent devenir une source d'erreurs.

En vue de la même étude, nous avons acquis une lampe à arc électrique, mercure-cadmium, en quartz fondu, du modèle récemment mis en usage par M. Lummer. Cette lampe a été achetée chez M. Heraeus, à Hanau. Elle peut fournir simultanément huit raies visibles, appartenant aux spectres caractéristiques du mercure et du cadmium. L'opération délicate de son remplissage n'est pas encore faite.

Nous avons encore acheté, chez M. Pellin, un petit spectroscope à vision directe, dont la privation nous a quelquefois gênés, dans nos travaux antérieurs sur les longueurs d'ondes, pour le contrôle des tubes à vide, soit au moment de leur construction, soit ultérieurement.

J'ajoute enfin que le matériel nécessaire pour ces expériences doit être complété par un interféromètre Pérot et Fabry. Je ne proposerai pas d'acquérir cet appareil, qui est très coûteux et ne nous serait pas ensuite d'une grande utilité. Nous aurons en effet à notre disposition celui qui appartient au Laboratoire d'essais, et que nous trouverons sur place.

Parmi les autres instruments dont s'est enrichi notre laboratoire, je citerai une nouvelle balance, pouvant porter jusqu'à 20 kilogrammes. Avec le matériel que nous possédions, nous ne pouvions, en effet, peser des charges supérieures à 5 kilogrammes, et un instrument de ce genre nous a fait quelquefois faute. La balance dont il s'agit, sans être un appareil de haute précision, est cependant suffisamment bien construite pour accuser nettement une différence de 5 milligrammes sur 10 kilogrammes. Elle est à couteaux d'acier dorés, munie d'un système de déclenchement, d'une longue aiguille pour faire les lectures sur un cadran, et d'une cage vitrée qui la protège. Elle est accompagnée d'une série de poids en bronze phosphoreux, ajustés par rodage. Balance et poids sont de la maison Sauter, d'Ebingen.

Dans un autre ordre d'idées nous avons cru utile de nous donner un matériel complet, du modèle que nous avons créé, pour la mesure des bases, en géodésie, au moyen de fils tendus sous tension constante. Le Comité sait déjà que cette question a fait, depuis la demande qui nous a été adressée à ce sujet en 1900 par l'Association géodésique internationale, l'objet d'études poursuivies avec assiduité par notre Bureau. Nous avons été amenés à proposer, dans les procédés et appareils adoptés tout d'abord par le docteur Jäderin, promoteur de la méthode, des modifications considérables. Les Rapports présentés dans les sessions précédentes ont rendu compte des progrès que nous avons faits successivement dans cette étude; il y aura lieu d'y revenir encore cette fois un peu plus loin. Depuis la dernière session, M. Carpentier, l'éminent constructeur bien connu, a pris en main, d'une façon définitive, la fabrication régulière de ces appareils; et, en collaboration avec nous, il a établi de nouveaux modèles, qui paraissent réaliser tous les perfectionnements dont le procédé est susceptible. Ces appareils, dont il est inutile de donner ici la description, et qui vont être mis sous les yeux du Comité, ont déjà été utilisés, à diverses reprises, pour en montrer le maniement à des officiers de Services géographiques français et étrangers, et pour faire des exercices de mesure sur la base que nous avons installée dans ce but, il y a quelques années, dans la grande allée du parc de Saint-Cloud qui fait suite à la cour de notre Établissement.

Il n'y a pas lieu d'insister ici sur un certain nombre d'instruments accessoires, tels que thermomètres, hygromètres, psychromètres, etc., achetés à diverses époques pour certains buts spéciaux. J'ai également profité de ce que nous avons des fonds disponibles en quantité suffisante, pour améliorer le matériel mobilier, armoires, tables, chaises, etc., de nos laboratoires, qui en étaient trop complètement dépourvus.

Enfin l'outillage de notre atelier a été accru d'une petite machine à percer, qui est mise en mouvement par une pédale.

J'ajouterai encore quelques mots, à propos de la continuation projetée de la remise à neuf de nos principales balances. Après la restauration de notre balance n° 4, de la portée de 1 kilogramme, dont j'ai parlé dans mon précédent Rapport, j'avais pro-

posé de faire également reviser notre balance n° 3, de même portée; et le Comité avait approuvé, pour cet objet, un crédit spécial pouvant aller jusqu'à 5 000^{fr}. C'était, à peu de chose près, ce qu'avait coûté la restauration de la première balance (5 100^{fr}). J'avais tout lieu de supposer que la dépense serait moindre pour la deuxième, qui est de construction plus récente, qui contient déjà quelques-uns des perfectionnements introduits dans l'autre (par exemple le mode de suspension des plateaux sur deux couteaux croisés avec leurs arêtes sur le même plan), et qui, dans son ensemble, était certainement en beaucoup meilleur état. On pouvait penser aussi que, les études ayant été déjà faites sur la première et les dispositions définitives arrêtées, le temps nécessaire pour la restauration serait beaucoup moins long. Cependant, lorsque je proposai au constructeur, M. Rueprecht, d'entreprendre ce nouveau travail, il me répondit qu'il serait obligé, pour l'exécuter, de garder la balance chez lui pendant plus d'une année, et qu'il ne pourrait s'en charger qu'au prix de 7 000 couronnes; ce qui, en tenant compte du change, des frais d'emballage et de transport aller et retour, et de quelques frais accessoires inévitables, eût fait monter pour nous le prix de la revision à 8 000^{fr} environ.

Dans ces conditions, il m'a semblé que l'amélioration devant en résulter pour notre outillage scientifique n'était plus en rapport avec une dépense qui, d'augmentation en augmentation, finissait par dépasser énormément tout ce que nous avions pu prévoir au début et les crédits qui étaient mis à ma disposition pour cet objet. D'un autre côté, la balance était occupée, à ce moment, pour des études qui ont été poursuivies, presque sans interruption, pendant la dernière période, et il nous eût été extrêmement incommode de nous en priver pendant un temps aussi long. Pour ces raisons, après en avoir référé au Président, j'ai laissé la question en suspens, provisoirement, jusqu'à la réunion actuelle, me proposant de la soumettre de nouveau à l'appréciation du Comité.

Parmi les améliorations apportées à notre balance n° 1, quelques-unes n'intéressent que les enveloppes de la balance, sa cage et son support, et non l'instrument lui-même. Telle est, par exemple, l'adjonction du mécanisme au moyen duquel on peut déposer, de loin, sur les plateaux, les petites surcharges additionnelles nécessaires pour déterminer la sensibilité; telle est encore l'introduction des organes qui permettent de régler, de loin aussi, l'amplitude des oscillations ou d'arrêter le fléau, au moyen d'un léger courant d'air

produit par des poires de caoutchouc, que l'observateur a sous la main, tout en ayant l'œil à la lunette. Ces divers organes peuvent être aisément surajoutés à toute balance, sans qu'il soit nécessaire de recourir à un constructeur spécial. J'en ai déjà partiellement muni notre balance Bunge et notre balance Rueprecht n° 2; et j'ai fait construire par notre mécanicien M. Huetz, dans notre atelier, les pièces nécessaires, pour les adapter aussi à la balance n° 5. Jusque-là il n'y a pas de difficulté, et ces arrangements peuvent se faire avec des dépenses minimales.

Mais il existe, malheureusement, dans l'instrument, une disposition défectueuse qui intéresse la balance elle-même et ne pourrait évidemment être corrigée que par un spécialiste. C'est le système de déclenchement *en un seul temps*, qui présente des inconvénients assez marqués, et est, du reste, abandonné aujourd'hui des bons constructeurs pour les balances de précision. Il y aura donc lieu d'examiner s'il convient de conserver la balance telle qu'elle est, en acceptant cet inconvénient, et continuant à s'en servir comme par le passé, ou de chercher de nouveau les moyens d'y introduire tous les derniers progrès de la construction la plus parfaite.

IV. — COMPTES.

Pour faire suite au Rapport présenté dans la précédente session, j'ai à rendre compte des résultats des deux exercices financiers de 1903 et 1904. Je le ferai sous la forme habituelle, en passant en revue successivement les différents Comptes dans lesquels se subdivise la comptabilité du Bureau.

I. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.

D'après les <i>Procès-verbaux</i> de 1903 (p. 17 et 28) le Compte I possédait, au commencement de l'exercice de 1903, un actif disponible de.....	18185,08 ^{fr}
Les recettes de ce Compte proviennent exclusivement — sauf le cas de l'accession d'un nouvel État à la Convention du Mètre — des <i>taxes de vérifications</i> .	
A reporter.....	18185,08

Report	18185,08 ^{fr}
Au cours de l'année 1903, ces taxes ont fourni une somme totale de 3525 ^{fr} . Mais, d'après les décisions antérieurement prises et dorénavant mises à exécution chaque année, les ressources provenant de cette origine se partagent entre le Compte I et le Compte IV (<i>Caisse de secours et de retraites</i>), ce dernier devant recevoir 30 p. 100 des recettes perçues, sans pourtant que la somme qui lui est versée puisse dépasser 1000 ^{fr} . Conformément à cette règle, il y a donc eu lieu d'inscrire aux recettes du Compte I une somme de.....	2525,00
De même, pendant l'exercice de 1904, les recettes des <i>taxes de vérifications</i> ayant atteint 3430 ^{fr} , ont, par conséquent, suivant la même règle, donné encore au Compte I.....	<u>2430,00</u>
	23140,08

Comme aucune dépense nouvelle n'a été inscrite sur ce Compte, pendant la même période, cet actif reste encore disponible à la fin de l'exercice 1904.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Le Compte II restait, au commencement de 1903 (*Procès-verbaux* de 1903, p. 18 et 28), avec un actif disponible de.....

	31431,45 ^{fr}
--	------------------------

Aucune recette ni aucune dépense n'ayant été, depuis lors, inscrites sur ce Compte, il est encore, à la fin de l'exercice de 1904, dans la même situation. Mais il va être temps d'y reverser, conformément aux précédents et à des décisions antérieurement prises par le Comité, les dépenses, provisoirement inscrites au Compte III, qui se sont rapportées aux deux recherches fondamentales relatives, l'une à la masse du décimètre cube d'eau, c'est-à-dire à la relation entre la valeur théorique et la valeur réelle du Kilogramme; l'autre à une nouvelle détermination de l'unité métrique en longueurs d'ondes lumineuses. La première de ces deux recherches est à peu

près complètement terminée aujourd'hui. Pour la seconde, les appareils ont été construits, à l'exception de quelques accessoires d'importance secondaire, et les expériences projetées avec MM. Pérot et Fabry seront entreprises prochainement. Les frais spéciaux occasionnés par ces deux études sont actuellement liquidés presque en totalité; ils s'élèveront à une dizaine de mille francs environ.

III. — Frais annuels.

Au commencement de l'exercice de 1903, le Compte III possédait (*Procès-verbaux* de 1903, p. 25 et 28) un actif disponible de..... fr
85926,94

Pendant le courant de l'année 1903, les recettes du Compte III ont été les suivantes :

1. Versements faits par les États :

Contributions réglementaires pour 1903 (1)....	fr 88580,00	
A reporter.....	88580,00	85926,94

(1) Cette somme de..... fr
88580,00

représente les 100 000^{fr} de la contribution réglementaire :

<i>moins</i> la contribution des États-Unis d'Amérique, sur laquelle 11953 ^{fr} avaient été versés par anticipation en 1902, et 9 ^{fr} restaient dus;	fr 11962,00	
» la contribution de la Serbie, non versée...	547,00	
» une petite erreur commise sur le versement du Japon.....	6,00	
		12515,00

plus la contribution de la République Argentine, qui n'avait pas été comprise dans le Tableau de répartition de 1903, et dont le versement restait par suite à rembourser aux autres Gouvernements. (*Rapport spécial financier aux Gouvernements*, 13 novembre 1903.)..... 1095,00

11420,00
<u>100000,00</u>

Report.....	88580,00	fr 85926,94
Contributions arriérées des exercices précédents (1).	7477,00	
Contributions pour 1904 ver- sées par anticipation (2).	<u>1056,00</u>	
		fr 97113,00
2. Intérêts bonifiés :		
Par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	2871,19	
Par Sourmais et C ^{ie}	<u>106,85</u>	
		2978,04
3. Fourniture d'étalons décimétriques.....	<u>800,00</u>	
		<u>100891,04</u>
Le total des actifs du Compte III s'est donc élevé,		
en 1903, à		186817,98

Les dépenses, faites sur le même Compte, pendant la même période, sont indiquées dans le Tableau suivant, où elles sont mises en regard des prévisions. (*Procès-verbaux* de 1903, p. 106.)

	Prévisions.	Dépenses	En plus.	En moins.
A. Personnel (Directeur, Direc- teur-adjoint, Aides, Mécani- cien, Garçon de bureau, Personnel auxiliaire pour études thermométriques)....	48520	fr 41656,50		fr 6863,50
B. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration :				
1. Entretien des bâtiments, dé- pendances, mobilier.....	6000	7331,35	fr 1331,35	
A reporter	60520	54987,85	1331,35	fr 6863,50
<hr/>				
(1) République Argentine (1899-1902).....		fr 3936,00		
Pérou (1897-1901).....		<u>3541,00</u>		fr 7477,00
(2) République Argentine (1904).....				<u>1056,00</u>

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
	fr	fr	fr	fr
Report.....	60520	54987,85	1331,35	6863,50
2. Achat d'instruments et entre- tien des machines et instru- ments.....	8000	5972,45		2027,55
3. Frais d'atelier.....	700	738,10	38,10	
4. Frais de laboratoire.....	2000	1348,80		651,20
5. Frais de chauffage.....	3000	3097,75	97,75	
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3500	2737,05		762,95
7. Concession d'eau.....	200	185,45		14,55
8. Primes d'assurances.....	350	348,95		1,05
9. Frais de bureau.....	800	1018,65	218,65	
10. Bibliothèque.....	1000	1048,30	48,30	
11. Frais d'impressions et publica- tions.....	14000	5982,15		8017,85
12. Frais de secrétariat.....	1000	38,45		961,55
13. Frais divers et imprévus....	4930	2472,15		2457,85
	<u>100000</u>	<u>79976,10</u>	<u>1734,15</u>	<u>21758,05</u>

Le total des actifs, pendant l'année 1903, ayant donc
atteint..... fr 186817,98
Et le total des dépenses, pendant le même exercice... 79976,10
Il en résulte que le Compte III a fini l'exercice avec un
actif disponible de..... 106841,88

Pendant l'exercice de 1904, les recettes du Compte III
ont été les suivantes :

1. Versements faits par les États :

Contributions réglemen- taires pour 1904 (1)....	fr 96786	
A reporter.....	96786	<u>106841,88</u>

(1) Cette somme de..... fr 96786,00
représente les 100 000^{fr} de la contribution réglementaire :
moins la contribution pour 1903 de la République
» Argentine, rentrée et rendue aux autres
Gouvernements..... fr 1095,00
A reporter..... 1095,00 96786,00

Report	96786 ^{fr}	106841,88 ^{fr}
Contributions arriérées des exercices précédents (1).	547	
Contributions pour 1905 ver- sées par anticipation (2).	<u>4103</u>	
		101436,00 ^{fr}
2. Intérêts bonifiés :		
Par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	3185,64	
Par Sourmais et C ^{ie}	<u>80,35</u>	
		3265,99
3. Fourniture d'étalons décimétriques....	<u>400,00</u>	
		105101,99
Le total des actifs du Compte III s'est donc élevé, en 1904, à		
		<u>211943,87</u>

	Report.....	1095,00 ^{fr}	96786,00 ^{fr}
<i>moins</i> la contribution pour 1904 de la République Argentine, reçue par anticipation en 1903.		1056,00	
» la contribution pour 1904 du Pérou, non versée.....		1056,00	
une petite erreur sur le versement du Por- tugal.....		<u>22,00</u>	
			3229,00
<i>plus</i> deux petites erreurs sur les versements anté- rieurs des États-Unis d'Amérique et du Japon, rectifiées pendant cet exercice		<u>15,00</u>	
			3214,00
			<u>100000,00</u>
			<u>547,00</u>
(1) Serbie (1903).....			
(2) République Argentine.....	1134		
Portugal (avec correction de l'erreur de 22 ^{fr} précédemment signalée).....	1231		
Suède	1209		
Norvège.....	<u>529</u>		
			<u>4103,00</u>

D'autre part, les dépenses du même exercice sont indiquées dans le Tableau suivant (*Procès-verbaux* de 1903, p. 127) :

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel (Directeur, Directeur-Adjoint, Aides, Mécanicien, Garçon de bureau, Personnel auxiliaire pour études thermométriques).	48520	41638,40		6881,60
B. Indemnité du Secrétaire.	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration :				
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier.	6000	7558,60	1558,60	
2. Achat d'instruments et entretien des machines et instruments.	9000	7892,80		1107,20
3. Frais d'atelier.	800	862,55	62,55	
4. Frais de laboratoire.	2000	2055,55	55,55	
5. Frais de chauffage.	3600	2423,40		1176,60
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	3000	1919,60		1080,40
7. Concession d'eau.	150	61,60		88,40
8. Primes d'assurances.	350	342,50		7,50
9. Frais de bureau.	900	713,20		186,80
10. Bibliothèque.	1000	880,90		119,10
11. Frais d'impressions et publications.	9000	1068,56		7931,44
12. Frais de secrétariat.	1000	35,65		964,35
13. Frais divers et imprévus.	3680	2766,65		913,35
14. Réserve.	5000	5000,00		
	100000	81219,96	1676,70	20456,74

Il y a peu d'observations à faire sur les deux exercices que résumement les Tableaux précédents. Ces deux exercices sont marqués, en somme, du même caractère, c'est-à-dire par des économies importantes, par rapport aux prévisions, faites sur les deux comptes de *Frais de personnel* et de *Frais d'impressions et publications*. Les premières tiennent essentiellement à ce que, au cours de ces deux années, il ne s'est pas présenté d'occasion d'user du chapitre indiqué, dans les projets de budgets, sous le titre d'*Indemnités pour travaux extraordinaires*. Les autres sont dues à ce que le personnel, très réduit, du Bureau, sans cesse chargé de travaux

de mesure et d'expérimentation, bien qu'ayant préparé une quantité considérable de matériaux, a manqué du temps nécessaire pour les rédiger sous une forme définitive et permettre de les mettre en composition. Les publications ont donc forcément marché moins rapidement qu'on ne l'eût voulu.

En dehors des points précédents, on peut remarquer, dans les deux exercices, des excédents de dépenses sensibles sur le compte *Entretien des bâtiments*. Ces excédents sont dus à ce qu'on a achevé de liquider les dépenses qui ont été faites dans les importantes réparations et améliorations sur crédits extraordinaires dans les exercices précédents. J'ai déjà indiqué qu'il restait à régler un compte assez important pour peinture, vitrerie, papiers, etc., tant dans le bâtiment de l'Observatoire que dans les bâtiments d'habitation. Ces travaux ont coûté 6746^{fr}, somme un peu supérieure à ce qui avait été prévu. Cette dépense a été payée par notre budget ordinaire, en la répartissant sur les deux exercices 1903 et 1904. Les autres dépenses du même compte se rapportent aux travaux d'entretien habituel et obligatoire, parmi lesquels les réparations de toitures occupent toujours, comme je l'ai dit, une place importante. Il a fallu, en outre, procéder à une réfection des deux calorifères de l'Observatoire.

Si, du total des actifs au commencement de 1904, indiqué plus haut.....	211943,87 ^{fr}
On déduit les dépenses de l'exercice, soit.....	<u>81219,96</u>
On trouve que le Compte III termine cet exercice avec un actif disponible de.....	130723,91

IV. — Caisse de secours et de retraites.

La *Caisse des retraites*, qui constitue un Compte complètement séparé des autres, possédait au commencement de 1903 (*Procès-verbaux* de 1903, p. 27) :

1° Un capital, placé en rentes 3 % françaises, représentant 1000 ^{fr} de rente, et ayant coûté, avec commission, courtage et impôt.....	33811,70 ^{fr}
A reporter.....	<u>33811,70</u>

Report.....	33811,70 ^{fr}	
2° Un solde en espèces, en caisse, de.....	<u>1043,70</u>	
		34855,40 ^{fr}
Pendant l'exercice de 1903, la Caisse des retraits a reçu :		
Retenues sur les traitements.....	742,40	
Intérêts du capital placé.....	1020,50	
Taxes de vérifications.....	<u>1000,00</u>	
		2762,90
		<u>37618,30</u>
D'autre part, il a été acheté, pendant l'année 1903, en deux fois (le 3 avril et le 6 octobre), 93 ^{fr} de rente 3 0/0, ayant coûté, au cours du jour.....		
		<u>3022,90</u>
Il en résulte que la Caisse des retraits possédait, à la fin de 1903, 1093 ^{fr} de rente, représentant, au prix d'achat, un capital de.....		
	36834,60	
Et un solde en espèces, en caisse, de.....	<u>783,70</u>	
Elle possédait donc, à la fin de l'exercice, un actif de.....		37618,30
Pendant l'exercice suivant, la Caisse des retraits a reçu :		
Retenues sur les traitements.....	742,40	
Intérêts du capital placé.....	1105,50	
Taxes de vérifications.....	<u>1000,00</u>	
		2847,90
		<u>40466,20</u>
D'un autre côté, il a encore été acheté, pendant l'année 1904 (le 2 juillet), 50 ^{fr} de rente, qui ont coûté, avec commission, impôt et courtage.....		
		<u>1642,00</u>
Par conséquent, à la fin de l'exercice de 1904, la Caisse des retraits possède 1143 ^{fr} de		

rente, représentant, au prix d'achat, une		
somme de.....	38476,60	fr
Et un solde en espèces, en caisse, de.....	1989,60	
Soit un actif total de	<hr/>	fr
		40466,20

Je rappelle encore que, la plus grande partie de ces actifs étant représentée par des titres, dont la valeur est sans cesse variable, suivant leur cours sur le marché, l'avoir réel de la Caisse des retraites, à un moment donné, ne peut jamais être donné par ces chiffres que d'une façon approximative.

V. — Fonds de réserve.

Le fonds de réserve, qui n'a à pourvoir pour le moment à aucune dépense et qui reste déposé à la Caisse des Dépôts et Consignations, s'accroît chaque année des intérêts à 2 pour 100 qu'il rapporte :

Au commencement de l'exercice de 1903, ce fonds possédait un actif disponible de (<i>Procès-verbaux</i> de 1903, p. 27).....	7753,06	fr
Augmenté des intérêts de cette somme	155,06	
Il avait à la fin de l'année un actif disponible de	7908,12	
Pendant l'exercice suivant, cet actif s'est encore accru des intérêts de 1904, soit.....	158,16	
De plus, par décision du Comité (<i>Procès-verbaux</i> de 1903, p. 127), il y a été ajouté une somme (réservée sur les actifs disponibles du Compte III) de.....	5000,00	
Le fonds de réserve se monte donc, à la fin de l'exercice de 1904, à	<hr/>	fr
		13066,28

Comme de coutume, la vérification générale de toute notre comptabilité résulte de l'égalité entre la somme des actifs disponibles indiqués pour nos divers Comptes, à la fin de l'exercice, et la somme des soldes restant effectivement, au même moment, dans nos trois Comptes à la Caisse des Dépôts et Consignations, chez nos banquiers MM. Sourmais et C^{ie}, et dans la caisse du Bureau.

Or, en récapitulant les résultats, donnés ci-dessus, des deux exer-

cices dont il vient d'être rendu compte, nous trouvons, à la fin de 1904, les actifs disponibles suivants :

Compte I.....	23140,08	fr
» II.....	31431,45	
» III.....	130723,91	
» V.....	13066,28	
Total.....	<u>198361,72</u>	

D'un autre côté, d'après les relevés officiels qui nous sont fournis, à la fin de l'exercice, par la Caisse des Dépôts et Consignations, et par MM. Sourmais et C^{ie}, et d'après nos livres de comptabilité, nous avons au 31 décembre 1904 :

Solde à la Caisse des Dépôts et Consignations.	171064,55	fr
» chez MM. Sourmais et C ^{ie}	2055,55	
» dans la caisse du Bureau	25241,62	
Total égal.....	<u>198361,72</u>	

Je compléterai ce compte rendu en y ajoutant les Tableaux des versements qui ont été faits par les États pendant les deux exercices 1903 et 1904.

VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1903.

		Contributions		
		arriérées.	pour 1903.	anticipées.
Janv.	6	Norvège.....	469	fr
»	6	Suède.....	1173	
Mars	2	Japon.....	7187	
»	2	Suisse.....	782	
»	4	Allemagne.....	13214	
»	11	République Argentine (1899-1902).....	3936	fr
»	11	République Argentine.....	1095	
»	14	Italie.....	7428	
»	25	Mexique.....	2971	
		A reporter.....	<u>3936</u>	<u>34319</u>

			Contributions		
			arriérées.	pour 1903.	anticipées.
			fr	fr	
		Report	3936	34319	
Mars	25	Russie.....		19781	
Avril	18	Autriche.....		6020	
»	18	Hongrie.....		4378	
Mai	5	France.....		9070	
»	5	Belgique.....		1564	
»	15	Danemark.....		156	
»	22	Portugal.....		1173	
Juin	3	Grande-Bretagne et Irlande.		6490	
»	15	Pérou (1897-1901).....	3541		
Oct.	31	Espagne.....		4222	
»	31	Roumanie.....		1407	
Nov.	30	République Argentine (1904).			1056 ^{fr}
			<u>7477</u>	<u>88580</u>	<u>1056</u>
			<u>97113</u>		

VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1904.

			Contributions		
			arriérées.	pour 1904.	anticipées.
					fr
Janv.	8	Serbie.....			597
»	11	Suède.....			1194
»	11	Norvège.....			523
Fév.	3	Italie.....			7234
»	26	Suisse.....			745
Mars	3	Allemagne.....			12600
»	3	Autriche.....			5816
»	3	France.....			8725
»	3	Hongrie.....			4326
»	3	Portugal.....			1172
»	30	Mexique.....			3059
Avril	28	Danemark.....			149
Mai	20	Japon.....			6941
»	20	Roumanie.....			1342
					<u>54423</u>
			A reporter.....		

		Contributions		
		arriérées.	pour 1904.	anticipées.
			fr	
	Report		54423	
Mai	20 Belgique		1491	
Juin	20 Espagne		4177	
Juill.	10 Serbie (1903).....	547		
Nov.	29 États-Unis d'Amérique.....		11418	
»	30 Grande-Bretagne et Irlande.		6188	
Déc.	5 République Argentine (1905).			1134
»	23 Russie.....		19089	
»	28 Portugal (1905).....			1231
»	28 Suède (1905).....			1209
»	28 Norvège (1905).....			529
		<u>547</u>	<u>96786</u>	<u>4103</u>
			<u>101436</u>	

A la fin de l'exercice de 1904, les arriérés de contributions existant se réduisaient aux suivants :

Pérou.	Contributions pour 1902 et 1903.....	2189	fr
»	» pour 1904.....	1056	
		<u>3245</u>	

Nous ne nommons que pour mémoire le Vénézuéla, qui, depuis 1885, a cessé de verser ses contributions, et dont la dette totale monterait, à la date actuelle, à 9843^{fr}.

J'ajouterai enfin le Tableau des versements qui ont été effectués depuis le 1^{er} janvier de l'année courante jusqu'à la date actuelle.

**VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1905
JUSQU'AU 5 AVRIL.**

		Contributions	
		arriérées.	pour 1905.
			fr
Janvier	31. France.....		8844
Février	9. Italie.....		7483
			<u>16327</u>
	A reporter		

		Contributions	
		arriérées.	pour 1905.
		fr	
	Report.....		16327
Février	14. Mexique.....		3099
»	14. Suisse.....		576
»	14. Pérou (1902-1903-1904)....	3245	
Avril	5. Allemagne.....		12773
		<u>3245</u>	<u>32775</u>

Si l'on ajoute aux 32775^{fr} les 4103^{fr} versés par anticipation dès la fin de l'année dernière par la République Argentine, le Portugal, la Suède et la Norvège, on voit qu'il a été versé, sur la contribution de l'exercice actuel, une somme totale de 36878^{fr}.

On voit en outre que, par suite des versements effectués par le Pérou, les derniers arriérés de contributions ont, pour le moment, disparu (le Venezuela étant mis à part). Il faut remarquer que, sur les 3245^{fr} payés par cet État, les 2189^{fr} correspondant aux exercices 1902 et 1903 devront être remboursés aux autres Gouvernements, parce que le Pérou n'avait pas été compris dans les Tableaux de répartition de ces deux années.

COMPTES DE 1903 ET 1904.

COMPTES DE 1903.

RECETTES.

I. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.

Actifs au commencement de l'année 1903 :	
Actifs disponibles.....	fr 18185,08
Recettes des taxes de vérifications.....	<u>2525,00</u>
Balance.....	<u>20710,08</u>

COMPTES DE 1903.

RECETTES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de l'année 1903 :	
Actifs disponibles.....	fr 31431,45
Balance.....	<u>31431,45</u>

COMPTES DE 1903.

DÉPENSES.

I. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.

Solde des actifs à la fin de l'année 1903 :
Actifs disponibles..... 20710,08^{fr}

Balance..... 20710,08

COMPTES DE 1903.

DÉPENSES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Solde des actifs à la fin de l'année 1903 :
Actifs disponibles..... 31431,45^{fr}

Balance..... 31431,45

COMPTES DE 1903.

RECETTES.

III. — Frais annuels.

Actifs au commencement de 1903 :

Arriérés de contributions non rentrées :		fr	
Confédération Argentine, 1899-1902.....	3936,00		
Pérou, 1897-1902.....	<u>4635,00</u>		
		fr	
		8571,00	
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1902....		6219,00	
Actifs disponibles.....		<u>85926,94</u>	
			fr
			100716,9

Contributions réglementaires pour 1903.....			100000,00
Intérêts bonifiés			2978,04
Fourniture d'étalons décimétriques			800,00
Versement anticipé pour 1904 de la République Argentine.....			1056,00
Contributions réglementaires pour 1903 demandées à :			
République Argentine		fr	
Pérou.....		1095,00	
Vénézuéla		<u>547,00</u>	
			2737,00

Balance..... 208287,98

COMPTES DE 1903.

DÉPENSES.

III. — Frais annuels.

A. — <i>Personnel</i> (Directeur, Directeur-adjoint, Aides, Mécanicien, Garçon de bureau, Personnel auxiliaire).....	fr 41656,50	
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i>	6000,00	
C. — <i>Frais généraux d'administration</i> :		
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.	fr 7331,35	
2. Machines, appareils, entretien des instruments...	5972,45	
3. Frais d'atelier.....	738,10	
4. Frais de laboratoire.....	1348,80	
5. Frais de chauffage.....	3097,75	
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	2737,05	
7. Concession d'eau	185,45	
8. Primes d'assurances.....	348,95	
9. Frais de bureau.....	1018,65	
10. Bibliothèque.....	1048,30	
11. Frais d'impressions et publications	5982,15	
12. Frais de secrétariat	38,45	
13. Frais divers et imprévus.....	2472,15	
	<hr/>	
	32319,60	fr 79976,10
Remboursement de la contribution versée par anticipation par les États-Unis.		11953,00
Solde des actifs à la fin de l'année 1903 :		
Arriérés de contributions non rentrées :		
Pérou, 1902-1903	fr 2189,00	
Serbie, 1903.....	547,00	
États-Unis et Japon (erreurs sur leurs versements)	15,00	
	<hr/>	
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1903.	fr 2751,00	
Actifs disponibles.....	6766,00	
	<hr/>	
	106841,88	fr 116358,88
	<hr/>	
Balance		208287,98
		<hr/>

COMPTES DE 1903.

RECETTES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Actifs au commencement de l'année 1903 :			
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	338	111,70	fr
Soldes en espèces, en Caisse.....		<u>1043,70</u>	fr
			34855,40
Retenues sur les traitements	742,40		
Intérêts du Capital placé	1020,50		
Taxes de vérifications	<u>1000,00</u>		
			<u>2762,90</u>
Balance.....			<u>37618,30</u>

COMPTES DE 1903.

RECETTES.

V. — Fonds de réserve.

Actifs au commencement de l'année 1903 :			
Actifs disponibles.....			fr
			7753,06
Intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations.....			<u>155,06</u>
Balance.....			<u>7908,12</u>

COMPTES DE 1903.

DÉPENSES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Solde des actifs à la fin de l'année 1903 :

Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	36834,60 ^{fr}	
Solde en espèces, en Caisse.....	<u>783,70</u>	^{fr}
		<u>37618,30</u>

Balance..... 37618,30

COMPTES DE 1903.

DÉPENSES.

V. — Fonds de réserve.

Solde des actifs à la fin de l'année 1903 :

Actifs disponibles.....	<u>7908,12^{fr}</u>
-------------------------	-----------------------------

Balance..... 7908,12

COMPTES DE 1904.

RECETTES.

I. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.

Actifs au commencement de l'année 1904 :	fr
Actifs disponibles.....	20710,08
Recettes des taxes de vérifications.....	<u>2430,00</u>
Balance.....	<u>23140,08</u>

COMPTES DE 1904.

RECETTES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de l'année 1904 :	fr
Actifs disponibles.....	<u>31431,45</u>
Balance.....	<u>31431,45</u>

COMPTES DE 1904.

DÉPENSES.

I. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.

Solde des actifs à la fin de l'année 1904 : fr
Actifs disponibles..... 23140,08

Balance..... 23140,08

COMPTES DE 1904.

DÉPENSES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Solde des actifs à la fin de l'année 1904 : fr
Actifs disponibles..... 31431,45

Balance..... 31431,45

COMPTES DE 1904.

RECETTES.

III. — Frais annuels.

Actifs au commencement de l'année 1904 :

Arriérés de contributions non rentrées :

	fr
Pérou, 1902-1903.....	2189,00
Serbie, 1903.....	547,00
États-Unis et Japon (erreurs sur leurs versements).....	15,00

	fr
Arriérés des contributions du Vénézuéla, 1890-1903.....	2751,00
Actifs disponibles.....	6766,00
	<u>106841,88</u>

fr
116358,88

Contributions réglementaires pour 1904.....	100000,00
Intérêts bonifiés.....	3265,99
Fourniture d'étalons décimétriques.....	400,00
Versements anticipés pour 1905 :	fr
République Argentine.....	1134,00
Portugal.....	1231,00
Suède.....	1209,00
Norvège.....	529,00

Contributions réglementaires demandées au Vénézuéla pour 1904.....

4103,00
528,00

Balance..... 224655,87

COMPTES DE 1904.

DÉPENSES.

III. — Frais annuels.

A. — <i>Personnel</i> : (Directeur, Directeur-adjoint, Aides, Mécanicien, Garçon de bureau, personnel auxiliaire).....	fr 41638,40	
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i>	6000,00	
C. — <i>Frais généraux d'administration</i> :		
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier...	fr 7558,60	
2. Machines, appareils, entretien des instruments...	7892,80	
3. Frais d'atelier.....	862,55	
4. Frais de laboratoire.....	2055,55	
5. Frais de chauffage.....	2423,40	
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	1919,60	
7. Concession d'eau.....	61,60	
8. Primes d'assurances.....	342,50	
9. Frais de bureau.....	713,20	
10. Bibliothèque.....	880,90	
11. Frais d'impressions et publications.....	1068,56	
12. Frais de secrétariat.....	35,65	
13. Frais divers et imprévus.....	2766,65	
	<u>28581,56</u>	
		fr 76219,96
Versé au Compte V.....		5000,00
Remboursement de la contribution versée par anticipation, par la République Argentine.....		1056,00
Remboursement aux États de la contribution pour 1903 versée par la République Argentine.....		1095,00
Solde des actifs à la fin de l'année 1904 :		
Arriérés de contributions non rentrées :		
Pérou, 1902-1904.....	3245,00	
Portugal (erreur sur son versement)..	22,00	
		3267,00
Arriérés des contributions du Vénézuéla, 1890-1904.....		7294,00
Actifs disponibles.....		<u>130723,91</u>
		141284,91
Balance.....		<u>224655,87</u>

COMPTES DE 1904.

RECETTES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Actifs au commencement de l'année 1904 :		
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	36834,60	fr
Solde en espèces, en caisse	783,70	
	<hr/>	fr
		37618,30
Retenues sur les traitements	742,40	
Intérêts du capital placé	1105,50	
Taxes de vérifications.....	1000,00	
	<hr/>	
		2847,90
Balance.....	40466,20	
	<hr/>	

COMPTES DE 1904.

RECETTES.

V. — Fonds de réserve.

Actifs au commencement de l'année 1904 :		
Actifs disponibles	7908,12	fr
Intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations	158,16	
Reçu du Compte III.....	5000,00	
	<hr/>	
Balance.....	13066,28	
	<hr/>	

COMPTES DE 1904.

DÉPENSES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Solde des actifs à la fin de l'année 1904 :	
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	38476,60 ^{fr}
Solde en espèces, en caisse.....	<u>1989,60</u>
	40466,20
Balance.....	<u>40466,20</u>

COMPTES DE 1904.

DÉPENSES.

V. — Fonds de réserve.

Solde des actifs à la fin de l'année 1904 :	
Actifs disponibles.....	<u>13066,28^{fr}</u>
Balance.....	<u>13066,28</u>

V. — TRAVAUX.

Nous allons maintenant passer rapidement en revue les principaux travaux qui ont occupé le Bureau depuis la dernière session, en nous réservant de compléter ces indications, soit par des communications supplémentaires sur quelques points, soit par des explications fournies de vive voix en face des appareils.

Dans mon précédent Rapport, j'avais signalé d'abord une série d'études, non encore achevées à ce moment, portant sur un groupe d'étalons géodésiques, particulièrement intéressant à cause des déterminations auxquelles quelques-uns ont été employés dans une période récente, ou doivent l'être encore, sous les latitudes les plus diverses, presque depuis le pôle jusqu'à l'équateur. Ce travail considérable a été depuis lors achevé, et a conduit, par les nombreux contrôles qu'il a permis d'obtenir, à un ensemble de résultats qui peuvent être considérés comme très satisfaisants. J'en indiquerai rapidement quelques-uns.

Les valeurs des deux règles bimétalliques de Brunner faisant partie de ce groupe, savoir la Règle du Service des Arpentages d'Égypte et celle du Service géographique français, qui a servi à l'Équateur, ont été d'abord établies, isolément, chacune par un étalonnage direct, en partant de notre prototype principal. D'autre part, ces deux règles ont été comparées en série fermée, entre elles et avec la règle de 4 mètres de l'Académie des Sciences de Stockholm, employée par l'expédition russo-suédoise du Spitzberg. Par les étalonnages seuls, on a obtenu, pour les longueurs des règles de platine des deux appareils :

$$\begin{aligned} \text{A } 7^{\circ}, 5, \quad \text{Règle égyptienne} &= 4^{\text{m}} + 369^{\mu}, 4 \\ \text{»} \quad \text{Règle française} &= 4^{\text{m}} + 588^{\mu}, 0 \end{aligned}$$

En ajoutant à ces résultats ceux qui proviennent des comparaisons de ces règles entre elles, et en réunissant le tout dans un calcul de compensation, on est conduit aux valeurs :

$$\begin{aligned} \text{A } 7^{\circ}, 5, \quad \text{Règle égyptienne} &= 4^{\text{m}} + 369^{\mu}, 2 \\ \text{»} \quad \text{Règle française} &= 4^{\text{m}} + 588^{\mu}, 2 \end{aligned}$$

Sans aucun doute, la concordance est ici *trop bonne*, et doit être attribuée pour une part à d'heureuses chances, comme le montre bien le fait que la compensation des comparaisons des règles deux à deux laisse subsister des erreurs résiduelles atteignant $1^{\mu},4$; ce qui, d'ailleurs, pour les règles dont il s'agit, représente des incertitudes tout à fait normales, et plutôt au-dessous des moyennes ordinaires.

Si l'on met en regard les résultats de nos mesures sur l'appareil égyptien avec ceux des mesures faites sur ce même appareil en 1862, et publiées par Ismaïl Effendi Moustapha en 1864, on peut être au premier abord frappé d'une concordance presque aussi satisfaisante entre certaines valeurs auxquelles conduisent respectivement ces deux séries d'opérations. Si, par exemple, on calcule la longueur à zéro de la règle en platine de cet appareil par les nombres d'Ismaïl et par les nôtres, l'écart des valeurs trouvées est seulement de $1^{\mu},8$. Toutefois, un examen plus attentif prouve à l'évidence que cette apparence de confirmation est entièrement fortuite et illusoire. En effet, les longueurs calculées de part et d'autre pour cette même règle vont en divergeant de plus en plus, à mesure qu'on monte vers des températures plus élevées, c'est-à-dire qu'on pénètre dans l'intervalle de température dans lequel précisément ont été faites toutes les observations, tant anciennes que récentes : dans les expériences de 1862, en particulier, les températures les plus basses atteintes s'écartaient de 0° de plus de 10 degrés. Deux droites inégalement inclinées doivent nécessairement se croiser en un certain point; c'est le pur hasard qui fait qu'elles se croisent ici près de 0° . Mais la discordance des séries de mesures faites aux deux époques s'accroît bien davantage si l'on considère la règle de laiton. Ici les écarts sont, aux températures ordinaires, de l'ordre de 150^{μ} environ. L'ouvrage d'Ismaïl donne comme température d'égalité de longueur des règles platine et laiton $12^{\circ},48$; de nos mesures, ressort pour cette égalité de longueur la température de $15^{\circ},67$. Si l'on considère que, dans un appareil bimétallique, la différence des deux règles à une température déterminée a exactement autant d'importance, pour le calcul de la longueur mesurée, que l'équation absolue de la règle de platine, on pourra en conclure que les données résultant des anciennes opérations étaient bien insuffisantes pour une application actuelle de l'appareil de base égyptien, et qu'il y avait un sérieux intérêt à les reviser.

De telles discordances, du reste, ne doivent pas surprendre. Elles tiennent sans aucun doute, en partie, aux très grandes difficultés des mesures sur des instruments de ce genre. Mais elles tiennent aussi certainement, plus encore, aux variations réelles que le temps a produites dans l'appareil lui-même. En laissant de côté l'influence de l'extrême susceptibilité que présentent ces instruments à de petits dérèglages, facilement possibles, dans le nivellement de la série de galets qui supportent les règles (susceptibilité que nous avons mise en évidence par des expériences dont nous avons autrefois rendu compte), il n'est pas douteux à nos yeux que les règles platine et laiton ont subi, à un degré différent, ce retrait, dont on ne soupçonnait pas autrefois l'importance, et qui se manifeste toujours avec le temps dans beaucoup de métaux, lorsqu'ils n'ont pas été soumis à un traitement spécial. Je ferai remarquer que les constatations faites sur la Règle égyptienne sont tout à fait de même nature et concordent avec celles que nous avons eu l'occasion de faire sur les règles semblables de France et d'Allemagne; mais en présentant toutefois, par rapport à ces dernières, une importance beaucoup plus considérable, qui s'explique par la durée beaucoup plus longue de l'intervalle qui a séparé plusieurs déterminations successives. La conclusion qu'on en doit tirer est qu'il est prudent de procéder à de nouveaux étalonnages de ces appareils bimétalliques, assez fréquemment, et, de préférence, au moment où ils vont être employés pour une campagne sur le terrain, et au moment où ils en reviennent.

En regard de ces résultats, il sera peut-être intéressant d'en mentionner ici un autre, qui vient d'être obtenu récemment sur des règles présentant des garanties singulièrement plus parfaites au point de vue de leur invariabilité avec le temps. La Commission géodésique du Japon possède un étalon de 5 mètres, qui a été construit sur nos plans, et est semblable, pour sa forme et l'ensemble de ses aménagements, aux nouvelles règles géodésiques de 4 mètres en invar dont nous avons donné le modèle. Comme les dimensions de notre grand comparateur n'admettent pas une règle de cette longueur, la Commission japonaise a fait construire pour elle-même un comparateur de la grandeur nécessaire, et nous a demandé seulement de déterminer un étalon de 1 mètre en acier-nickel à 44 pour 100 de nickel, pris dans la même coulée que la barre de 5 mètres et destiné à servir pour l'étalonnage de cette der-

nière. Cet étalon a été déterminé par nous, en 1904, au moyen de l'un des prototypes fondamentaux, en platine iridié, du Bureau (la Règle type III). D'autre part, nous avons reçu récemment communication, par M. Nagaoka, Professeur à l'Université de Tokyo et Membre de la Commission géodésique du Japon, des comparaisons faites depuis à Tokyo entre ce même étalon et la Règle n° 20, qui a été remise au Gouvernement japonais lors de la distribution de 1889 et constitue son prototype national. Or, toute cette série d'opérations se ferme, toutes réductions faites, à $0^{\mu},2$ près. Si l'on considère que les valeurs ainsi obtenues pour l'étalon acier-nickel ont été rapportées au Mètre international par des intermédiaires différents; que les nouvelles mesures ont été faites par d'autres observateurs n'ayant pris part à aucune des précédentes, avec des instruments d'une autre construction; qu'on a dû y faire intervenir des réductions de température, etc., on ne peut s'empêcher de penser qu'ici encore des compensations d'erreurs et d'heureux hasards ont contribué à un accord aussi parfait. Toutefois, le retour assez fréquent de coïncidences à peu près de même valeur montre bien que, dans des déterminations très soignées sur des étalons bien construits, des exactitudes de cet ordre ne sont pas très éloignées de celles que l'on peut réellement garantir.

Je puis encore citer un exemple, à peu près de même valeur, fourni par une autre étude qui a été faite pendant cette même période. A la fin de 1903, M. Louis-A. Fischer, du *Bureau of Standards* de Washington, est venu en France, en apportant le Prototype national des États-Unis n° 27, pour procéder à une nouvelle vérification de cet étalon. Une série très complète de comparaisons a été faite, pendant le mois d'octobre, par lui et par M. Maudet, au moyen de notre comparateur Brunner, entre ce prototype et les deux prototypes de notre Bureau. L'équation déduite finalement de ces mesures pour le n° 27, par rapport au Prototype international, diffère de $0^{\mu},45$ de celle qui a été donnée en 1889. Ici encore, si l'on considère qu'il s'agit d'une vérification, non pas immédiate, mais obtenue par des intermédiaires dont l'un a été comparé, dans un groupement différent, au Mètre international, et que l'écart indiqué contient la somme des incertitudes contenues dans un ensemble considérable d'opérations exécutées, à seize ou dix-sept ans de distance, par d'autres observateurs, il est difficile de croire, sans preuves plus complètes, que cet écart dépasse effectivement ces

incertitudes et témoigne de changements réels survenus dans les étalons comparés.

L'étude des trois nouvelles règles géodésiques, en acier-nickel invar, mentionnées dans mon dernier Rapport, et qui appartiennent respectivement au Service géographique français, à la Commission géodésique mexicaine, et au Bureau international, a été complètement achevée. Cette étude a comporté un étalonnage complet pour chaque règle, mètre par mètre; une comparaison de ces règles entre elles, en série fermée; et la mesure de leurs dilatations. Il serait sans intérêt de revenir sur les procédés employés pour ces diverses déterminations, lesquels ont été déjà décrits à diverses reprises; et aussi de donner ici les nombres qui en résultent. Je dirai seulement que, suivant qu'on adopte pour ces règles les équations directement déduites des étalonnages, ou celles qui se déduisent d'une compensation générale de toutes les comparaisons, on obtient des nombres dont le plus grand écart n'atteint pas $0^{\mu},6$. Ici encore, par conséquent, la série se ferme d'une façon tout à fait satisfaisante.

Il sera peut-être intéressant de signaler, à propos des appareils du Mexique, la solution que nous avons donnée au problème que M. Angel Anguiano, Président de la Commission géodésique mexicaine, nous avait posé sous la forme suivante. La règle ne devra servir à mesurer que des bases courtes, destinées à étalonner des fils, qui, à leur tour, seront employés à la mesure de bases plus longues.

Le problème ainsi posé, nous avons admis que les repères de la base devaient être, non plus enfouis dans le sol, mais portés par des piliers, émergeant de manière à pouvoir, au besoin, servir directement à la mesure des fils; nous avons prévu que ces piliers porteraient de fortes embases, scellées à leur partie supérieure, dans lesquelles des repères amovibles seraient maintenus par des vis horizontales avec contre-écrous. Pour les mesures, le microscope de départ sera pointé sur le repère, qu'on enlèvera ensuite pour lui substituer le premier trait de la règle. Le deuxième microscope ayant été pointé sur l'autre extrémité de la règle, on enlèvera cette dernière pour la placer dans la portée suivante; et l'on remettra le repère sous le premier microscope, en se servant au besoin des vis horizontales pour le réglage micrométrique de sa position. A l'autre

extrémité, un autre terme, de disposition semblable, permettra de fixer la seconde limite de sa base par des opérations analogues.

D'une manière générale, d'ailleurs, M. Anguiano nous avait demandé notre concours pour l'étude de son appareil de base, dont la construction a été confiée à la maison Ponthus et Therrode, de Paris. Le Commandant Bourgeois, chef de la Section de géodésie du Service géographique de France, a bien voulu nous apporter, en plus, l'aide de son expérience. L'appareil, aujourd'hui complètement achevé et expédié au Mexique, reproduit, naturellement, dans l'ensemble, les ingénieuses dispositions qui caractérisent les grands appareils construits précédemment par la maison Brunner. Mais la forme et la disposition nouvelles de la règle nécessitaient quelques modifications, qui paraissent avoir été très heureusement réalisées.

De l'avis des géodésiens, l'emploi des nouvelles règles permettra de réduire, au moins de moitié, le personnel nécessaire pour mesurer une base, et de mener l'opération deux fois plus rapidement.

Les services que le Bureau international a pu rendre ainsi à la Commission géodésique du Mexique ont été reconnus par de très flatteuses lettres de remerciements, adressées par le Gouvernement mexicain au Comité et au Bureau.

Sur celle des règles précédentes qui appartient au Bureau, nous avons tracé, sur deux des bords, près de ses extrémités, deux groupes de traits, dont la distance, de 4 mètres environ, a été ensuite exactement déterminée par comparaison avec les deux autres règles du même métal. La disposition particulière de ces tracés avait pour objet une nouvelle mesure de la base murale de 24 mètres installée dans le sous-sol de notre Observatoire pour l'étalonnage des fils géodésiques. Cette mesure a été faite en juillet 1904.

Je ne sortirai pas du domaine des applications géodésiques, en passant maintenant à la continuation de nos études sur ces fils et sur leur application à la mesure des bases. Mais ici, pour ne pas fatiguer l'attention du Comité, je me bornerai à signaler les points principaux, et à indiquer les résultats généraux, en réservant les détails, et, en particulier, les chiffres pour une communication ultérieure plus étendue.

La marche générale de nos appréciations sur la méthode de mesure des bases inaugurée par le D^r Jäderin, au moyen de fils tendus

sous tension constante, se dégage de l'ensemble des Rapports que j'ai déjà présentés au Comité, sur ce sujet, depuis que l'Association géodésique internationale nous a donné mission de nous en occuper. Si des expériences, poursuivies sans interruption et d'une façon de plus en plus systématique, nous ont amenés à modifier légèrement quelques conclusions un peu hâtives du début sur quelques points, notre conviction n'a fait que s'affermir quant à la valeur d'une méthode, qui introduit une prodigieuse simplification dans l'une des opérations les plus importantes et les plus laborieuses de la géodésie, sans entraîner peut-être, tout compte fait, après divers perfectionnements et surtout grâce à l'introduction d'alliages à dilatation sensiblement nulle, aucune perte appréciable dans l'exactitude finale des résultats. A mesure que, en l'étudiant, en la perfectionnant dans les détails de l'application, nous lui avons demandé davantage, nous l'avons vue répondre à nos exigences progressivement croissantes et, jusqu'à présent, donner, à nous et à ceux qui en ont fait l'application pratique sur le terrain, complète satisfaction.

Depuis la dernière session, nous avons porté tout d'abord spécialement notre attention sur les conditions, aussi bien que sur les traitements préliminaires, propres à assurer aux fils, une fois mis en service, l'invariabilité sur laquelle il faut pouvoir compter. Pour arriver à des conclusions plus certaines, nous avons augmenté le nombre de nos fils, en construisant encore une nouvelle série, en invar, avec des réglottes d'une forme perfectionnée, dont je dirai quelques mots tout à l'heure. En premier lieu, se posait la question de l'influence que pouvaient avoir, sur la longueur d'un fil, les déroulages et enroulages répétés, auxquels il est nécessairement soumis en service. Jusqu'alors nous avons toujours fait l'enroulage en ramassant simplement le fil à la main, et réunissant ses spires successives, en une couronne, sans le forcer et en le laissant revenir librement à la forme que lui a donnée sa fabrication et qu'il tend à reprendre naturellement. Le déroulage se faisait d'une façon analogue. Nous avons déjà dit, et avons vérifié encore, que ces opérations, lorsqu'elles sont bien faites, n'altèrent en rien la longueur d'un fil. Mais elles ont l'inconvénient d'exiger la collaboration de trois personnes suffisamment exercées et habiles, et toute maladresse dans l'exécution expose à des avaries graves. Nous avons essayé depuis d'enrouler le fil sur un tambour, et avons reconnu, par des centaines d'enroulages et déroulages sur plusieurs fils, que

cette pratique est tout aussi inoffensive, à la condition que ce tambour ait un diamètre suffisamment grand. Nous avons adopté le diamètre de 50^{cm}, qui convient bien à des fils ayant une épaisseur de 1^{mm},6 à 1^{mm},7, dimension adoptée par M. Jäderin et à laquelle il ne nous a pas paru qu'il y eût lieu de rien changer. Si ce procédé a l'inconvénient d'augmenter le matériel de mesure d'une base d'un organe de plus (organe que nous rendons d'ailleurs très léger en le faisant en aluminium), il a, par contre, l'avantage de rendre l'opération plus facile et de supprimer d'une façon complète certaines chances d'accidents.

D'un autre côté, quelques hasards d'expériences ont appelé notre attention sur l'effet que peuvent avoir sur les fils des secousses ou des vibrations énergiques. A la suite de cas de ce genre, survenus accidentellement, nous avons constaté, sur des fils neufs, des raccourcissements quelquefois notables. Après avoir étudié cette question systématiquement, nous avons été conduits à adopter, d'une façon générale, une pratique consistant à soumettre les fils, avant l'ajustement de leurs réglettes, à une sorte de battage rythmé plus ou moins prolongé. Quand ce battage a été suffisant, sa continuation ne produit plus aucun effet; le fil a acquis une stabilité qui paraît définitive, et il est en état de supporter désormais, sans altérations, les chocs ou atteintes analogues qu'il sera exposé à subir en campagne. Notre expérience nous paraît maintenant suffisante pour pouvoir garantir ce résultat.

La nouvelle forme donnée aux réglettes, que j'ai mentionnée il y a un instant et que nous avons adoptée définitivement, a eu pour but de faire disparaître une cause d'erreur systématique, due à ce que, dans les anciennes dispositions, le bord divisé sur lequel se fait la lecture se trouve en dehors de l'axe du fil lui-même : comme la réglette est, dans toute mesure, oblique relativement à l'horizontale, à une même verticale correspondront, suivant l'orientation de ce bord par rapport à l'axe du fil, des lectures différentes sur la division. Si le bord est tourné en haut, comme dans la mesure du fil sur notre base murale, ou s'il est tourné vers le bas, comme dans la mesure d'une distance entre deux trépieds sur le terrain, on obtiendra une différence systématique, qui est de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre. Pour faire disparaître cette cause d'erreur, nous avons proposé une forme de réglette échancrée,

dans laquelle le bord sur lequel se fait la lecture est exactement dans le prolongement de l'axe du fil. Le point délicat, avec cette nouvelle disposition, consistait dans l'établissement de la jonction entre le fil et la réglette, jonction qui doit présenter une solidité et une invariabilité à toute épreuve. Ce problème a été très bien résolu par l'habileté des constructeurs.

Afin de vérifier les conséquences du calcul et, d'une façon générale, de poursuivre quelques études sur ce point, nous avons établi, contre le mur extérieur du bâtiment de l'Observatoire, une sorte de seconde base, constituée simplement par deux repères solidement fixés dans la muraille, à 24 mètres de distance l'un de l'autre, et d'une forme identique aux repères des trépieds des appareils de campagne. Sur cette espèce de comparateur, dont la longueur absolue n'a pas besoin d'être déterminée, nous avons pu établir les équations relatives d'un grand nombre de fils pourvus de réglettes de formes diverses. Sans entrer dans les détails, j'ajouterai seulement que nous avons constaté ainsi la supériorité certaine de la nouvelle disposition : les équations relatives de différents fils présentent, suivant qu'ils sont mesurés sur la base intérieure ou sur la base extérieure, des divergences systématiques assez sensibles, si ces fils portent des réglettes de l'ancien modèle ; pour ceux qui sont munis des réglettes du nouveau modèle, ces divergences tombent presque toujours au-dessous des limites des erreurs d'observation. Le fait s'est trouvé encore confirmé par la confrontation de résultats obtenus, partiellement à Potsdam, partiellement chez nous, sur une série de fils appartenant à l'Institut géodésique prussien.

Notre nouvelle base extérieure a mis encore à notre disposition des facilités pour des déterminations d'une autre nature. Il est arrivé quelquefois que des fils ont été proposés à notre étude tout terminés, sans être accompagnés d'un échantillon permettant la mesure de leur dilatation. Nous n'avions alors, pour arriver à la connaissance de celle-ci, d'autre ressource que de mesurer le fil au moment des températures extrêmes atteintes, sur notre base en sous-sol, en été et en hiver. Mais les écarts maxima de ces températures dépassent à peine une dizaine de degrés, et il faut souvent plus de six mois pour les atteindre. Au contraire, avec la base extérieure, nous avons pu mettre à profit les changements rapides de la température ambiante, pour faire, par des comparaisons avec des fils en invar, quelquefois en moins d'un mois, des mesures sur un

intervalle à peu près double. C'est ainsi notamment que nous avons procédé, avec un résultat satisfaisant, pour un fil qui avait été employé à des mesures de bases en Serbie.

Les déterminations répétées régulièrement, au moins une fois par semaine, sur notre série de nouveaux fils, de construction plus parfaite, n'ont pourtant pas fait abandonner complètement ceux des anciennes séries, dont les mesures ont été seulement espacées et faites généralement une fois par mois. Il y avait en effet intérêt à continuer à suivre simultanément tous ces fils d'origine et d'âge différents et à les contrôler les uns par les autres. Il serait impossible de résumer ici, en quelques lignes, les très nombreux Tableaux d'observations que nous pourrions mettre sous les yeux du Comité. Je dirai seulement, comme conclusion générale, que, soit qu'il s'agisse de fils d'une même série, soit qu'il s'agisse de fils de séries différentes, tout cet ensemble d'expériences conduit à des concordances véritablement remarquables, et propres à inspirer, dans la conservation des fils, qui constituent l'organe essentiel de la méthode, la plus grande confiance.

Les comparaisons exécutées en toute saison nous ont permis de calculer, avec une assez grande exactitude, la dilatation de notre base, que nous avons trouvée égale à $7^{\mu},4$ par degré et par mètre, ce qui correspond à $0^{\text{mm}},178$ par degré pour sa longueur entière de 24 mètres. Ce nombre a été déduit d'une variation totale de longueur d'un peu plus de 2 millimètres pour un intervalle de température de 12 degrés environ. Il est légèrement plus fort que celui que nous avons adopté d'abord, d'après une autre série de mesures, comprise dans un intervalle de température quatre fois plus petit.

L'emploi de ce coefficient nous permet de calculer la longueur de la base, à un moment donné, en fonction de sa température. D'autre part, on peut également calculer cette même longueur en partant des valeurs admises pour les fils et des résultats de leur comparaison avec la base au même moment. La confrontation de ces résultats nous met à même de nous rendre compte, d'une manière continue, des changements qui peuvent affecter le mur sur lequel la base est établie. Nous avons pu constater ainsi que, pendant des intervalles de temps qui sont souvent de plusieurs mois, les deux séries de valeurs sont concordantes à 1 ou 2 millièmes près; pour des intervalles de temps plus longs, et notamment aux

changements de saison, les écarts dépassent sensiblement cette limite et se rapprochent du cent-millième.

Les résultats que nous avons communiqués au Comité au cours de sa dernière session, réunis à ceux qui ont été trouvés dans les mois qui ont suivi, ont été réunis en une Note, que nous avons rédigée en collaboration, M. Guillaume et moi, et qui a été, conformément à un désir exprimé par le Comité, communiquée par le Général Bassot à l'Association géodésique internationale, réunie à Copenhague en août 1903. Déjà à cette époque, nous pouvions être assez affirmatifs, quant aux qualités des fils et aux avantages de leur emploi dans les mesures en campagne, pour les recommander aux géodésiens. Cette communication nous a valu de très nombreuses demandes d'études, en même temps qu'elle a amené la commande de matériels complets pour l'application de la méthode. C'est ainsi que nous avons exécuté, ou que nous sommes encore occupés à exécuter, des déterminations de fils pour les Services géodésiques de la République Argentine, de la France, du Japon, du Mexique, de la Roumanie, de la Russie, de la Serbie, de la Suisse, ainsi que pour le Service du cadastre de France, le Service hydrographique de la Marine française, et pour la Landes-Aufnahme de Prusse. Ces diverses études, jointes aux études générales dont j'ai rendu compte, représentent une somme considérable de travail, dont on se fera une idée approximative, si je dis que, depuis la précédente session du Comité jusqu'au moment actuel, il a été fait, tant sur notre base du sous-sol que sur notre base extérieure, plus de 111 000 lectures, inscrites dans nos dossiers, et constituant, par leur masse énorme, un ensemble précieux pour la discussion de l'exactitude réalisable dans ces mesures, et de la permanence des fils.

Il me suffit d'ajouter que, à divers points de vue encore, nous sommes attachés à perfectionner sans cesse les appareils et leur mode d'emploi, et que c'est en examinant minutieusement toutes les particularités de ces mesures que nous avons pu, ainsi que je l'ai dit, réaliser, avec la coopération de M. Carpentier, un matériel de campagne qui semble ne plus rien laisser à désirer.

Je rendrai compte maintenant des travaux qui ont plus spécialement occupé chacun de nous en particulier.

Une partie considérable de mon temps a été consacrée à des

pesées, tout d'abord pour la vérification, décidée par le Comité, des kilogrammes prototypes disponibles au Pavillon de Breteuil. Conformément au programme proposé dans la dernière session, ces comparaisons devaient porter sur :

1° Les quatre kilogrammes du Bureau international, dont deux, les n^{os} 9 et 31, ont fait partie de la série distribuée en 1889, et les deux autres, l'un en forme de cylindre, l'autre en forme de sphère tronquée, désignés par les indications C et S, sont de la construction de la maison Oertling de Londres, et appartiennent au Bureau depuis son origine ;

2° Les quatre kilogrammes n^{os} 7, 29, 32 et 41, qui restent encore disponibles, et sont restés en réserve chez nous, sans avoir jamais été employés à aucune opération, ni retirés de leurs supports protecteurs, depuis 1889; ils ont été déplacés une fois, lors des grandes réparations faites dans notre Observatoire il y a cinq ans; on les a enlevés de l'armoire de fer, sans les retirer de leurs enveloppes, et transportés ailleurs; les réparations terminées, on les a rapportés dans l'armoire, toujours avec les mêmes précautions ;

3° Le Prototype témoin n^o 1, qui a été retiré du dépôt des prototypes, lors de la visite faite à Breteuil, comme je l'ai déjà dit, par le bureau du Comité pendant l'automne de l'année dernière.

A ces kilogrammes on a pu ajouter encore :

4° Le Prototype n^o 22, appartenant à l'Allemagne, qui avait été déjà l'objet, à Breteuil, en 1899, de quelques vérifications dont j'ai rendu compte dans un Rapport antérieur. Je rappelle que ces opérations avaient conduit à conclure qu'il était probablement diminué, par rapport à son ancienne valeur, de 0^{ms},04 environ, mais que ce résultat avait été considéré comme approximatif et provisoire ;

5° Le Prototype n^o 21, appartenant au Mexique. Celui-ci avait, lorsqu'il nous a été apporté par M. de Mier, Ministre du Mexique à Paris, toute l'apparence de n'avoir jamais été touché, peut-être même jamais retiré de son étui de voyage. Les peaux de chamois interposées entre lui et son support étaient, lorsqu'on a ouvert celui-ci, fortement adhérentes au kilogramme. Retirées avec une pince, elles ont laissé sur la pièce des traces sensibles, qu'on a fait disparaître aisément en frottant légèrement au moyen d'une peau de chamois parfaitement propre, humectée d'essence de pétrole rectifiée, puis avec une peau sèche. Comme on va le voir, cette circonstance — qui s'était produite également pour d'autres kilogrammes — ne paraît avoir provoqué aucune altération appréciable.

Nous disposions donc en tout de 11 kilogrammes de premier ordre, en platine iridié. J'ai comparé ces 11 kilogrammes entre eux, dans toutes les combinaisons possibles; ce qui représente un total de 55 comparaisons, ou de 110 pesées, puisque le nombre des pesées est forcément doublé, par l'emploi, dans les balances à transposition, de plateaux auxiliaires qui supportent les prototypes et les préservent du contact direct des mécanismes. Ces pesées ont été faites presque entièrement au moyen de notre balance Rueprecht n° 1. récemment remise à neuf et transformée par le constructeur; exceptionnellement on s'est servi pour quelques-unes de la balance Bunge, qui vient d'être également restaurée.

Toutes les précautions ont été prises pour opérer dans les meilleures conditions possibles. La cage de la balance était couverte d'une épaisse enveloppe de flanelle, ne présentant que l'ouverture nécessaire pour laisser passer le faisceau lumineux provenant de l'échelle et reçu dans la lunette pour la mesure des élongations. Grâce à la sûreté absolue des mécanismes, tous les mouvements complexes qui doivent s'accomplir dans la cage de la balance peuvent être exécutés, sans rien voir de ce qui s'y passe, avec une complète sécurité. On faisait, en règle générale, neuf transpositions dans chaque pesée, c'est-à-dire qu'on passait alternativement six fois par l'une des positions des charges comparées et cinq fois par la position inverse. Immédiatement après, on déterminait la sensibilité, au moyen des petits poids additionnels qui peuvent s'ajouter, de loin, par un mécanisme nouvellement introduit, aux charges des plateaux. Dans ces conditions, une pesée exige normalement près de trois heures de travail.

Pour tirer de ces opérations des conclusions quant aux variations qu'ont pu subir les divers kilogrammes et aux valeurs qu'il convient de leur attribuer maintenant, il faut mettre en regard les relations entre ces kilogrammes résultant de la compensation de tout ce travail avec les relations qui avaient été établies avant 1889. Or voici les constatations auxquelles conduit cette confrontation.

Les différences entre les kilogrammes n°s 1 (témoin); 9 (Bureau); 29, 32, 41 (disponibles); 21 (Mexique), se retrouvent, à quelques millièmes de milligramme près, identiques à celles d'autrefois. Si l'on attribue à ces prototypes leurs anciennes valeurs, leurs comparaisons avec les cinq autres fournissent, pour chacun de ces derniers, des valeurs qui sont très sensiblement concordantes entre elles. On peut en conclure, avec une sécurité presque com-

plète, que ces six kilogrammes n'ont pas subi d'altérations appréciables depuis les opérations antérieures à la première Conférence générale.

En admettant ce point de départ, on constate au contraire que, pour les autres prototypes, il existe un changement, entre les anciennes valeurs et les nouvelles, qui dépasse certainement les incertitudes des comparaisons. On trouve que le Kilogramme allemand (n° 22) a perdu $0^{\text{mg}},049$; notre Prototype n° 31 est plus léger de $0^{\text{mg}},024$; ces résultats confirment très sensiblement ceux que j'avais déjà donnés, en ce qui concerne ces deux étalons, il y a quelques années, après des comparaisons beaucoup moins étendues. Pour les Kilogrammes S et C, les changements sont plus grands; et, si l'on se rapporte aux valeurs données autrefois par M. Marek, nous trouvons des pertes respectivement égales à $0^{\text{mg}},168$ et $0^{\text{mg}},132$.

Un résultat plus singulier est une augmentation, petite, mais qui paraît pourtant nettement supérieure aux erreurs d'expérience, trouvée pour le Kilogramme n° 7, l'un des quatre de la série non attribuée, qui n'avait pas été touché depuis 1889; sa masse serait augmentée de $0^{\text{mg}},029$. Un examen très minutieux de cet étalon n'a permis d'apercevoir sur sa surface aucune marque, tache ou dépôt de matière, pouvant expliquer une variation dans ce sens.

J'ajouterai encore quelques conclusions générales, que je crois pouvoir tirer de ce travail considérable.

L'erreur moyenne d'une comparaison, déduite du calcul de compensation de toute la série, a été trouvée égale à $\pm 0^{\text{mg}},011$. Les résidus provenant de la substitution des valeurs calculées aux valeurs observées sont, pour plus de moitié, compris entre $0^{\text{mg}},000$ et $0^{\text{mg}},005$; mais quelques-uns atteignent de $0^{\text{mg}},020$ à $0^{\text{mg}},025$, et un dépasse même cette dernière valeur. Ces chiffres sont assez peu différents de ceux qui ressortaient des anciennes déterminations de M. Marek et de M. Thiesen. J'ajoute que la balance Rueprecht et la balance Bunge ont donné, entre mes mains comme entre les leurs, des précisions qui paraissent très sensiblement du même ordre. De ces constatations, il semble qu'on peut conclure que ces précisions représentent, à bien peu près, les extrêmes limites qu'on peut attendre, dans des opérations de cette nature, des meilleurs instruments, mis en œuvre dans des conditions aussi favorables que possible. Une autre conséquence est que l'exactitude du centième de milligramme, dans la différence de deux kilogrammes, quoique pos-

sible, est difficile à *garantir* par une pesée simple, et qu'on ne peut guère l'assurer que par un ensemble de comparaisons, comprenant un nombre suffisant de pièces, et permettant une compensation assez étendue des erreurs expérimentales.

J'ajoute encore que je me suis convaincu, au cours de ces expériences, que les principales irrégularités des pesées ne sont pas dues — au moins dans les conditions où j'ai opéré — aux causes perturbatrices extérieures (variations de température, de pression, etc.), qui s'éliminent suffisamment par les transpositions successives. Elles sont dues, pour la plus grande part, aux dérangements minimes, mais certainement existants, auxquels donne lieu presque inévitablement toute manœuvre d'enclenchement et de déclenchement. Ces mouvements produisent, même dans les instruments les plus parfaits, manœuvrés avec les plus extrêmes précautions, de très petits changements dans les positions des suspensions sur leurs couteaux, du fléau sur son agate, etc., qui modifient d'une façon très appréciable la position d'équilibre pour les mêmes charges.

En ce qui concerne les étalons, les études précédentes ont montré que presque tous les kilogrammes qui ont été employés, depuis 1889, ont subi une diminution de masse très petite, mais certainement mesurable. En vérité, il ne semble pas qu'il y ait lieu d'en être surpris; et, lorsqu'on réfléchit aux quantités de matière prodigieusement petites auxquelles correspondent de telles pertes, on est plutôt étonné que ces pièces, maniées même avec tous les soins possibles, puissent se conserver avec un tel degré de constance. En effet, un centième de milligramme représente, en platine, un fragment qui aurait un millimètre carré de surface et moins d'un demi-micron d'épaisseur. Si l'on supposait que les frottements du kilogramme sur ses supports, lors des mises en place sur la balance, des transpositions, des manipulations diverses obligées par les pesées, aient usé sa base inférieure et lui aient enlevé une couche pesant $0^{\text{mg}},05$, — ce qui dépasse déjà les plus grandes variations constatées dans les expériences précédentes, — cette couche aurait une épaisseur de $0^{\text{m}},0019$, moins de un demi-centième de longueur d'onde, quantité que les phénomènes d'interférence les plus délicats seraient impuissants à déceler.

La conséquence ne s'en impose pas moins qu'il est indispensable

de ménager le plus possible nos kilogrammes de premier ordre, afin de ne pas être obligé de recourir trop fréquemment au Prototype international lui-même ou à ses témoins pour nous assurer la conservation de l'unité de masse du Système métrique. Les opérations qui sont particulièrement dangereuses pour leur conservation sont celles qui se font sur une balance non munie d'un mécanisme de transposition automatique. Elles sont malheureusement quelquefois obligées. Telles sont celles, par exemple, que nous avons faites pour les comparaisons des étalons du *Kwan*, en platine iridié, demandées par le gouvernement japonais; telles sont encore les pesées des cylindres pour la détermination de la masse du décimètre cube d'eau. Dans ces deux cas, les charges à comparer ont dépassé le kilogramme, et ont atteint parfois jusqu'à 5 kilogrammes : nos balances à transposition ne pouvaient donc plus servir; elles ne peuvent pas non plus, du reste, être employées pour des pesées hydrostatiques.

Toutes ces dernières opérations ont été faites sur notre grande balance de 5 kilogrammes. Les diverses pièces, dont le nombre atteint parfois une quinzaine sur un plateau, doivent alors être posées, enlevées, remises, centrées, à la main; fréquemment il faut les superposer en piles les unes au-dessus des autres. Malgré tous les soins et toute l'habileté des opérateurs, ces manœuvres répétées sont périlleuses; et il est bon d'éviter, autant que possible, les occasions de les renouveler.

Dans certains cas, il serait possible, en effet, de ménager nos prototypes, à la condition d'avoir des étalons de second ordre, de moindre valeur, mais qui seraient encore suffisants, une fois bien déterminés, pour certaines comparaisons qui nous sont demandées. J'avais fait construire, il y a déjà assez longtemps, pour répondre à cet objet, une série de quelques kilogrammes en nickel et bronze blanc (alliage de cuivre et nickel). Ces étalons ont été depuis suivis assez irrégulièrement, et quelques-uns ont présenté, avec le temps, des variations anormales et difficilement explicables. Nous en possédons cependant six, qui se sont suffisamment bien tenus; et j'en ai fait faire par M. Murat, dans le dernier exercice, une étude complète, en les comparant entre eux dans toutes les combinaisons, et avec le Prototype n° 31. Nous avons ainsi, maintenant, une série qui pourra nous rendre, à l'occasion, des services, et nous aider à conserver nos prototypes en platine iridié.

Une autre série de pesées, d'objet tout à fait différent, m'a

encore occupé pendant plusieurs mois. Ce sont celles qui se rapportent au travail sur la masse du décimètre cube d'eau que nous avons entrepris en collaboration avec M. Macé de Lépinay, Professeur à la Faculté des sciences de Marseille. Je ne saurais prononcer ce nom sans sentir se raviver les profonds regrets que nous a causés la perte prématurée de ce savant distingué, enlevé le 17 octobre dernier, à la science et à ses amis, par une cruelle maladie, dans toute la force de l'âge et du talent. Préoccupé, depuis longtemps, du difficile problème dont il s'agit, Macé de Lépinay l'avait traité une première fois, en 1887, par une méthode interférentielle, qui l'avait conduit à un résultat déjà très voisin de celui que nous considérons aujourd'hui comme représentant le plus exactement la vérité. Cette méthode prêtant pourtant le flanc à quelques critiques, il avait travaillé à la perfectionner, et était parvenu, par une très ingénieuse combinaison, à faire disparaître entièrement les objections qu'on avait pu opposer à ses premières expériences. En nous demandant notre concours pour les pesées des cubes de quartz devant être employés à cette étude, pesées pour lesquelles nous étions mieux outillés que lui en instruments de mesure et en étalons, il s'était réservé la mesure, par les interférences, des dimensions de ces solides, c'est-à-dire la partie de beaucoup la plus délicate et la plus difficile du travail. Il avait monté ses appareils, dans d'excellentes conditions, dans un sous-sol de son laboratoire, à la Faculté de Marseille: il avait complètement achevé la détermination d'un premier cube, de quatre centimètres d'arête, et fait une première série d'observations sur le deuxième cube, de cinq centimètres. C'est à ce moment qu'il a été enlevé par la mort, avant d'avoir tout à fait terminé un travail, auquel il s'était passionnément intéressé, et auquel son nom restera attaché, quoiqu'il n'ait pas pu y mettre la dernière main.

Le résultat de ce travail, du reste, ne souffrira pas d'un malheur, qui aura seulement un peu retardé son achèvement. Macé de Lépinay avait eu, en effet, dans toutes ses expériences, un collaborateur, M. Henri Buisson, Maître de Conférences à la Faculté de Marseille, qui, parfaitement au courant de la question et rompu à ces expériences, a pu achever ce qui restait encore à faire.

Mes pesées des deux cubes ont été faites, celles dans l'air, avec la balance Rueprecht n° 1, restaurée; celles dans l'eau avec la grande balance hydrostatique n° 6. Je n'ai rien de particulier à en dire, sinon qu'elles ont été répétées un grand nombre de fois, et

que j'ai multiplié les contrôles autant qu'il m'a été possible. Les pesées finies, j'ai porté moi-même les cubes à Marseille, où j'ai passé quelques jours, afin de voir l'installation de Macé de Lépinay, et de me rendre parfaitement compte de l'application de sa méthode, en faisant avec lui quelques expériences.

La méthode employée, pour la mesure des épaisseurs des cubes de quartz, a été décrite dans un Mémoire publié, en 1904, par MM. Macé de Lépinay et Buisson, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, et auquel je puis me borner à renvoyer. Je dirai seulement qu'elle est fondée sur l'observation de franges des lames mixtes combinée avec celle de franges des lames parallèles; par cette combinaison, on élimine entièrement l'indice de réfraction du quartz, donnée auxiliaire dont la connaissance très précise était nécessaire dans la première méthode de Macé de Lépinay.

Les mesures sont aujourd'hui complètement achevées, et, dans une lettre récente, M. Buisson m'a communiqué les résultats de ses dernières expériences. L'ensemble du travail se résume par les nombres suivants :

Cube de 4 centimètres d'arête.

Volume du cube, en centimètres cubes, mesuré par les interférences, réduit à 0° :

$$V_0 = 59^{\text{cm}^3}, 88998.$$

Masse du cube :

$$M = 158^{\text{g}}, 74850;$$

Densité :

$$D = 2,650738;$$

d'où volume en millilitres :

$$V_0 = 59^{\text{ml}}, 88842.$$

Par suite :

$$59^{\text{ml}}, 88842 = 59^{\text{cm}^3}, 88998$$

ou

$$1 \text{ litre} = 1,000026 \text{ décimètre cube}$$

ou encore

$$\text{Masse spécifique de l'eau} = 0,999974.$$

Cube de 5 centimètres d'arête.

Volume en centimètres cubes, réduit à 0° :

$$V_0 = 122^{\text{cm}^3}, 663\ 90.$$

Masse :

$$M = 325^{\text{g}}, 131\ 18;$$

Densité :

$$D = 2,650\ 663;$$

d'où volume en millilitres :

$$V_0 = 122^{\text{ml}}, 660\ 32.$$

Par suite :

$$122^{\text{ml}}, 660\ 32 = 122^{\text{cm}^3}, 663\ 90$$

ou

$$1\ \text{litre} = 1,000\ 029\ \text{décimètre cube}$$

ou encore

$$\text{Masse spécifique de l'eau} = 0,999\ 971.$$

Une revision générale de toutes les réductions et calculs, qui doit encore être faite, introduira peut-être dans les nombres ci-dessus quelques changements, mais certainement très petits et insignifiants.

On peut remarquer, dans les données qui précèdent, la différence sensible qui a été trouvée entre les densités des deux cubes de quartz. Cette différence est bien réelle : à cet égard, l'examen et la discussion des expériences ne peuvent laisser place au moindre doute. De même, les observations de MM. Macé de Lépinay et Buisson ont mis en évidence, d'une façon tout aussi certaine, des différences très petites, mais pourtant mesurables, entre ces deux pièces, aux points de vue de leur dilatabilité, de leur indice de réfraction et de la variation de ce dernier avec la température. Ces résultats obligent à conclure que le quartz, même à l'état de bloc cristallisé d'une pureté parfaite, n'est pas toujours identique à lui-même.

Les deux cubes de quartz qui ont servi à cette étude appartiennent à la Faculté des sciences de Marseille. Ils ont été taillés par M. Jo-

bin, et ils constituent l'un et l'autre des solides de forme géométrique d'une remarquable perfection.

A côté des deux résultats précédents, extrêmement concordants entre eux comme on le voit, il est intéressant d'indiquer ceux que M. P. Chappuis a trouvés par une méthode différente, également fondée sur l'application de phénomènes interférentiels. Je les reproduis, tels qu'ils sont donnés, après une révision générale de tous les calculs, dans le Mémoire qu'il vient de terminer, qui donne les détails de cet énorme travail, et qui va être mis à l'impression (1).

	Masse spécifique de l'eau.
Par un premier cube de 5 ^{cm} d'arête (1895-1897).....	0,999 973 3
» cube de 4 ^{cm} (1896).....	0,999 972 1
» deuxième cube de 5 ^{cm} (1 ^{re} détermination, 1876-1897).....	0,999 978 9
» deuxième cube de 5 ^{cm} (2 ^e détermination, 1900).	0,999 978 4
» » » 5 ^{cm} (3 ^e » après retouche, 1900).....	0,999 973 4
» cube de 6 ^{cm} (1901-1902).....	0,999 970 0

Suivant les poids relatifs qu'on peut juger à propos d'attribuer à ces diverses déterminations, le résultat final varie de 0,999 973 9 à 0,999 974 3. Comme la dernière décimale est assurément incertaine de toute sa valeur, on peut dire, en arrondissant à la décimale précédente, que l'étude de M. Chappuis conduit à admettre pour la masse du décimètre cube d'eau, le nombre 0,999 974, ou, en d'autres termes, que l'erreur du Kilogramme est de + 26^{mg}. Ce nombre est presque identique à celui qui résulte des expériences faites par MM. Macé de Lépinay, Buisson et moi.

Ainsi, deux méthodes utilisant l'une et l'autre des phénomènes d'interférence, mais par des procédés et avec des moyens d'observation très différents, ont conduit à des résultats d'une concordance

(1) Les nombres donnés ici ne diffèrent que de quantités très petites de ceux qui ont été antérieurement communiqués, dans mes précédents Rapports, et qui résultaient de réductions et calculs provisoires.

presque parfaite. Il semble donc que les erreurs expérimentales aient été, de part et d'autre, très complètement éliminées. Quant à une cause d'erreur systématique, qui affecterait à la fois et de la même manière ces résultats, il serait difficile, semble-t-il, de la chercher ailleurs que dans la valeur admise pour la longueur d'onde de la lumière rouge du cadmium, qui a fourni l'unité de toutes ces mesures. A cet égard, la détermination qui a été faite, il y a quelques années, à Breteuil, par M. Michelson, avec notre collaboration, paraît présenter les garanties d'une très haute exactitude. Je puis ajouter que, au cours même de son travail, M. Chappuis a refait une nouvelle mesure du Mètre en longueurs d'ondes, en employant la même méthode et les mêmes appareils, mais toutefois en réglant à nouveau tous les *étalons intermédiaires*, et en se servant d'une règle nouvellement tracée et nouvellement déterminée. Bien qu'il n'ait eu en vue, dans cet essai, qu'une vérification approximative, cette épreuve a fourni encore une confirmation presque parfaite des valeurs antérieurement déduites d'un travail beaucoup plus étendu. En effet, le nombre de longueurs d'ondes contenu dans la longueur de l'unité métrique trouvé par M. Chappuis diffère, de celui que nous avons donné, de 0,7 longueur d'onde du rouge, quantité à laquelle correspondrait une différence de 1^{mg},4 environ sur la masse du décimètre cube d'eau. Il y aura donc un grand intérêt à voir ce que donnera l'application de la méthode, tout à fait différente, des contacts, mise en œuvre par M. Guillaume, dont le travail est aussi, comme je vais le dire, à peu près complètement terminé.

A l'occasion des études précédentes, il m'a paru nécessaire de vérifier à nouveau notre série de poids étalons divisionnaires en platine iridié. Nous nous étions, en effet, servis, jusqu'à ce moment, des tables de corrections établies, il y a plus de vingt ans, par M. Marek, pour cette série, sauf pour la subdivision du gramme, dont l'étalonnage avait été refait assez récemment par M. Maudet. J'ai donc fait, d'une façon complète, l'étalonnage de la partie supérieure de la série, de 500 grammes à 1 gramme. Le résultat a montré que cette étude n'était point inutile : là, comme pour les kilogrammes, une diminution, petite, mais pourtant appréciable, de la masse a été constatée sur un certain nombre de pièces.

En dehors des travaux dont je viens de parler, et qui présentent un intérêt scientifique général, j'ai encore eu une partie de mon

temps occupée par un certain nombre de déterminations purement métrologiques, particulièrement au moyen du comparateur automatique Hartmann. Je me bornerai à citer une étude très soignée de quatre calibres d'acier, de 25 millimètres de diamètre, qui nous a été demandée par la Compagnie de construction Pratt et Whitney, de Pittsburg (États-Unis d'Amérique). La vérification de ces pièces a présenté, en raison de leur poids, notablement supérieur à celui de toutes les pièces du même genre que j'avais étudiées jusqu'à présent, des difficultés toutes spéciales, qui ont été l'occasion d'introduire dans le comparateur divers perfectionnements.

M. Guillaume a pris, comme par le passé, une part très active aux recherches concernant les mesures par les fils, et aux études de construction du nouveau matériel accessoire de mesure des bases. Le développement considérable qu'ont pris ces travaux, les nécessités des déterminations demandées par les Services géodésiques de divers pays, l'examen préalable des alliages employés à la construction des fils, lui ont créé un courant presque ininterrompu d'occupations, qui sont venues s'ajouter au programme de ses travaux.

Pour terminer la mission, qui nous avait été confiée par la Commission géodésique japonaise, de surveiller la construction des appareils dont elle nous avait prié d'établir les plans, M. Guillaume a procédé, dans les ateliers de la Société genevoise, à l'examen détaillé des instruments, avant leur départ pour Tokyo. La grande satisfaction, officiellement exprimée par le Président de la Commission géodésique japonaise, M. Terao, a été une légitime récompense des soins donnés à l'étude de ces appareils.

Après avoir participé aux travaux d'étalonnage et de comparaison des règles géodésiques dont j'ai parlé précédemment, M. Guillaume a opéré seul la mesure de la dilatation des trois étalons géodésiques en acier-nickel invar. Comme nous ne possédions pas, pour cette opération, de règle de comparaison convenable, la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, fidèle à la tradition si libérale dont nous avons largement bénéficié depuis quelques années, a mis à notre disposition une barre d'invar, de 4 mètres de longueur et de 5 centimètres de côté, que nous lui avons rendue lorsque ce travail a été terminé.

L'étude de quelques nouveaux échantillons d'acier au nickel a permis à M. Guillaume de compléter les données antérieurement connues concernant ces alliages. On a pu déterminer ainsi, entre autres, la composition d'un alliage ayant la même dilatation que l'acier ordinaire, et dont l'intérêt réside dans la possibilité qu'il donne de construire des étalons d'atelier, auxquels on pourra comparer, sans correction de température, des pièces d'acier, tout en utilisant la propriété de cet alliage, due à sa forte teneur en nickel, d'être très peu oxydable. Des règles de cet alliage ont déjà été construites par la Société genevoise pour des comparateurs industriels.

Je terminerai ce qui concerne ces études en disant que M. Guillaume a commencé, avec la coopération toute désintéressée de la Société de l'Air liquide, des études sur les variations des aciers au nickel aux très basses températures. Ces recherches, momentanément interrompues par les obligations créées par des travaux plus urgents, seront reprises dans un avenir prochain. Enfin, un dispositif spécial pour la détermination de la dilatation des fils sous tension constante vient d'être achevé à notre atelier; il sera mis en service aussitôt après la session du Comité.

Je mentionnerai aussi, parmi les travaux exécutés par M. Guillaume, la détermination de plusieurs étalons, entre autres celle d'une règle de 1 mètre appartenant à l'Université de Santiago; celle de la règle de 1 mètre de la Commission géodésique japonaise, dont la valeur a présenté, par rapport à l'étalon n° 20, l'accord remarquable dont j'ai parlé; une nouvelle détermination de la Règle normale N employée au Bureau depuis plus de vingt ans; enfin une comparaison très complète de la Règle en platine iridié n° 13. Les résultats obtenus dans ces comparaisons sont particulièrement intéressants; la Règle normale en bronze a été trouvée de 2^u environ plus courte qu'en 1892; et ce résultat conduira à modifier légèrement ceux que M. Guillaume avait obtenus dans son premier travail relatif à la masse du décimètre cube d'eau, et dans lequel toutes les longueurs ont été rapportées à cet étalon. Les nombres communiqués au Comité devront ainsi être un peu relevés, et se rapprocheront davantage de ceux de M. Chappuis.

Quant à la Règle n° 13, elle semble avoir conservé, depuis 1892, la même valeur, au dixième de micron près. Or, cet étalon a été

employé comme règle de comparaison dans toutes les recherches faites depuis dix ans sur la dilatation des métaux et alliages; ce qui a obligé à le soumettre à plus de 1 000 séries de comparaisons aux températures diverses, comprises entre 0° et 38°, qui sont successivement atteintes dans ces mesures; et à plus de 1 000 autres séries, faites à la température ambiante, en vue de suivre les changements de divers alliages avec le temps. Le brassage énergique de l'eau du bain, dans ces comparaisons, produit des trépidations, auxquelles la règle a été soumise au total pendant un temps très prolongé. La conservation de sa longueur, dans ces conditions particulièrement propres à activer l'effet des causes possibles de variation des étalons, est un fait d'une grande importance pour la sécurité que présentent les prototypes de platine iridié, dont les principaux sont, au contraire, systématiquement soustraits à toute cause artificielle de changement avec le temps.

Lorsque j'aurai mentionné la détermination de quelques étalons d'épaisseur, et la comparaison de nos nouveaux thermomètres étalons avec ceux dont M. Chappuis avait établi directement la correction par rapport à l'échelle normale, j'aurai terminé l'indication des travaux divers auxquels M. Guillaume a consacré une partie de son temps pendant ces deux années.

Mais le travail auquel il s'est voué plus particulièrement est la nouvelle détermination de la masse du décimètre cube d'eau, par le procédé des contacts, que le Comité avait décidé de faire répéter, en vue d'élucider les causes de la petite divergence qui subsistait encore entre ses résultats et ceux que M. Chappuis avait obtenus par la méthode interférentielle.

Un nouveau rodage de la coulisse guidant les palpeurs a permis tout d'abord d'en réduire les imperfections à une quantité inappréciable par les procédés délicats employés pour sa vérification; puis les palpeurs eux-mêmes ont été ajustés de manière qu'il fût impossible de constater un défaut de parallélisme dans leur mouvement. Enfin, après une étude complète d'une nouvelle Règle normale, pour laquelle M. Maudet a prêté son concours à M. Guillaume, les mesures des cylindres ont pu être entreprises, et poursuivies sans interruption pendant tout l'hiver 1903-1904, jusqu'au moment où le réchauffement printanier a ramené dans les régions de température peu favorables à ces déterminations. Les opérations ont été reprises

l'automne dernier, et poursuivies sans arrêt jusqu'à ce jour. Il ne reste plus à faire que quelques mesures, qui pourront être achevées pendant la session du Comité, de telle sorte que M. Guillaume sera très probablement en état, avant la fin de la session, de donner un résultat au moins approximatif de son travail.

M. Guillaume espérait achever ce travail quelques jours plus tôt, et apporter des résultats dès l'ouverture de la présente session. Mais M. Jobin, pressé par d'autres travaux, n'a pu lui remettre le dernier cylindre que le 11 février dernier; de telle sorte que, malgré un travail de tous les instants, il a été matériellement impossible de terminer à temps cette étude pour que des nombres aient pu être apportés dès aujourd'hui au Comité. Le dernier cylindre livré est, en effet, le plus volumineux, et celui qui a nécessité les mesures les plus nombreuses. Il est aussi le plus parfait, et conduira à un résultat aussi bon qu'on puisse espérer l'obtenir de longtemps dans l'emploi de la méthode des palpeurs.

Sans vouloir donner encore une valeur numérique, je puis dire cependant que les résultats déjà connus s'écartent dans le sens positif des nombres précédemment indiqués par M. Guillaume, ainsi que la discussion des erreurs possibles du premier travail le faisait prévoir, et comme on pouvait le présumer d'après le sens de l'écart par rapport aux nombres fournis par la méthode interférentielle. Comme, d'autre part, ces derniers ont été légèrement abaissés par les dernières mesures, on peut espérer que l'écart, déjà très petit, des précédentes déterminations se trouvera ramené à des limites qu'il sera certainement très difficile de resserrer encore.

Dans sa dernière session, le Comité avait décidé de déléguer M. Chappuis pour représenter le Bureau au Congrès international de Chimie appliquée, qui devait se réunir à Berlin au commencement de juin 1903. Une grave maladie ayant empêché M. Chappuis de se rendre à Berlin, M. Guillaume a été délégué à sa place, et, ainsi que le désir en avait été exprimé, a présenté à la Section des mesures du Congrès deux Rapports, concernant respectivement la masse du décimètre cube d'eau, et l'échelle normale des températures.

MM. Maudet et Tarrade ont été nos collaborateurs assidus et dévoués dans toutes celles de nos déterminations qui nécessitaient le travail simultané de plusieurs observateurs; c'est ainsi qu'ils ont

participé aux études des règles géodésiques et des fils, dont ils ont, en outre, relevé et réduit la plupart des observations. Ils nous ont aidés aussi dans les travaux généraux du laboratoire, pour les calculs, et pour l'établissement des certificats, sans que leur zèle se soit ralenti au milieu d'occupations minutieuses, toujours longues et souvent fastidieuses. Les mesures courantes, faites en vue de l'établissement des certificats, dont on trouvera plus loin la liste, leur ont en partie incombé, de façon parfois indivise, et dont il est difficile, sans entrer dans de minutieux détails, de faire entre eux le départ exact. Je dirai toutefois que M. Maudet s'est occupé plus spécialement des mesures de longueur et des pesées, tandis que M. Tarrade a été chargé des déterminations de laboratoire relatives à la thermométrie, et aux travaux accessoires de cette branche, toujours assez vivace, de notre activité.

M. Murat, dont le séjour au Bureau était prévu pour un temps limité, et devait, selon le désir exprimé par M. Hépitès, le mettre à même d'entreprendre, à son retour en Roumanie, les travaux métrologiques les plus divers, a exécuté des déterminations de toutes sortes, calibrages de thermomètres, étalonnages de règles et de séries de poids, déterminations de dilatations et de densités.

Parmi les travaux qui nous sont demandés, quelques-uns nécessitent un labeur prolongé; telle est, par exemple, l'étude complète d'une règle divisée, pour laquelle la mesure de la dilatation, celle de l'équation, et l'exécution de l'étalonnage dans les limites prévues par notre règlement, exigent plus de deux mois d'observations et de calculs ininterrompus. Les nécessités du service du Bureau obligent parfois à diviser ce travail entre plusieurs observateurs; et c'est ainsi que, en dehors des études partielles déjà mentionnées, les étalons métriques appartenant à l'Académie des sciences de Stockholm, à la Commission géodésique du Japon, au Service central des Poids et Mesures de Roumanie, ont été étudiés en collaboration par MM. Maudet, Tarrade et Murat.

En outre, M. Maudet a mesuré la dilatation de huit règles diverses, et déterminé l'équation ou effectué l'étalonnage de treize autres étalons, pour la Section topographique de l'État-Major de la République Argentine, le Gouvernement de Formose, le Service du Nivellement général de la France, le Bureau topographique fédéral

de la Suisse, le National Physical Laboratory d'Angleterre, et pour diverses autres institutions ou pour des particuliers. Il a ajusté et déterminé des séries de petits poids (milligrammes et demi-milligrammes); comparé à nos séries des étalons en platine iridié de 100 grammes et 10 grammes pour le Service des Poids et Mesures de Belgique, etc.

En outre, M. Maudet est resté, comme par le passé, chargé de la tenue de la bibliothèque, sous la direction de M. Guillaume.

M. Tarrade a déterminé l'intervalle fondamental et le coefficient de pression de quarante-six thermomètres; comparé, à diverses températures, vingt-cinq d'entre eux à nos étalons; établi les courbes de correction de ces instruments, et tenu toutes les archives de la Thermométrie.

Il nous a secondés dans divers projets ou installations d'appareils, rôle auquel son éducation d'ingénieur l'a spécialement préparé.

Il est actuellement occupé, autant que le permettent les travaux courants, à des essais et épreuves d'un nouveau comparateur, établi par la Société genevoise avec nos conseils, et qui renferme quelques dispositions intéressantes.

M. Murat a fait un étalonnage complet de notre série O de poids divisionnaires de premier ordre; ainsi que celui de deux séries d'étalons de masse, de 500 grammes à 1 gramme, et de 500 milligrammes à 1 milligramme, appartenant au Service central des Poids et Mesures de Roumanie; étalonné des groupes de pièces de 10 milligrammes pour le Bureau, déterminé un kilogramme et une pièce de 3,75 kilogrammes (kwan) pour le Gouvernement de l'île de Formose; déterminé la densité et la masse de neuf étalons du Kilogramme, dont sept appartiennent au Bureau, et deux au Service des Poids et Mesures de Roumanie.

Parmi les pièces étudiées par M. Murat, il s'en est trouvé une, faite en alliage de nickel et de cuivre, qui a présenté des variations continues notables; ce qui l'a engagé à la soumettre à des épreuves très variées, qui ont conduit à quelques résultats intéressants.

Quoique nombreux, les calibrages exécutés dans ces deux dernières années par M^{lle} de Bauller n'ont pas suffi à occuper tout son temps; c'est pourquoi nous l'avons fait participer plus qu'autrefois à des travaux de secrétariat, à l'inscription des observations des fils, et à

des copies de toutes sortes; il a été possible ainsi de lui assurer un travail continu, et de prévoir la possibilité de lui garantir au Bureau une position stable.

Avant de terminer, je signalerai trois nouvelles demandes de nos réglottes décimétriques, qui nous ont encore été adressées, depuis le dépôt de mon précédent Rapport: savoir par le Service des Poids et Mesures de Norvège; par l'Observatoire de Paris, et par M. W. Gifford, à Chard (Angleterre),

Enfin, je mentionnerai que, depuis la précédente session, la publication du Tome XIII des *Travaux et Mémoires* a été continuée par l'impression de deux Mémoires de M. Chappuis, l'un *Sur la dilatation du mercure*, l'autre *Sur la dilatation de l'eau*, et d'un Mémoire de M. Daniel Berthelot *Sur les thermomètres à gaz*. M. Chappuis nous a envoyé il y a quelques jours, comme je l'ai déjà dit, le Mémoire qui contient le compte rendu de ses expériences sur la masse du décimètre cube d'eau, et qui va pouvoir être mis immédiatement à l'impression.

D'un autre côté, les membres du Comité ont déjà reçu, il y a quelques mois, une Note, que j'ai rédigée pour répondre à une demande faite par le Président et le Secrétaire, lors de leur dernier voyage à Paris, et qui rend compte des modifications récemment introduites dans la loi française relativement aux bases fondamentales du Système métrique. Cette Note contient des extraits des Rapports que j'ai eu à présenter, sur cette question, au Bureau national des Poids et Mesures, comme membre de cette Commission, qui y ont été discutés et ont servi de base aux changements apportés dans la loi. Elle a été imprimée dans le format des *Procès-Verbaux* du Comité, et la composition a été conservée afin de pouvoir l'ajouter en *Annexe* aux *Procès-Verbaux* de la présente session, si le Comité en décide ainsi.

Comme de coutume, j'ajoute à ce Rapport la liste des certificats délivrés par le Bureau depuis la dernière session.

Le nombre croissant de ces certificats, par rapport à la période précédente, témoigne de l'activité toujours aussi vivante du Bureau international.

1.	1903	Avril	5.	Une pièce de 100 ^g en bronze blanc.....	{ National Physical Laboratory, Teddington.
2.	»	»	8.	Étalon décimétrique n° 37.....	{ M. Collet, constructeur à Paris.
3.	»	»	15.	Plot de 10 ^{mm} en acier.....	{ European Weston Electrical Instrument Co, Berlin.
4.	»	»	29.	Deux broches de 100 ^{mm} et un plot de 20 ^{mm} en acier.....	{ M. C. E. Johansson à Eskilstuna (Suède).
5.	»	Mai	15.	Pièce de 10 ^g en bronze blanc..	{ Société centrale de produits chimiques, Paris.
6.	»	»	15.	Règle en acier-nickel à 43 % de nickel.....	{ Commission géodésique du Japon.
7.	»	»	15.	Règle en acier-nickel invar...	{ Université de Santiago (Chili).
8.	»	»	16.	Deux pièces 100 ^g et 10 ^g en platine iridié.....	{ Service des Poids et Mesures de Belgique.
9.	»	»	20.	Thermomètre Tonnelot 11192..	{ Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.
10.	»	»	20.	Thermomètre Baudin 15978...	{ Laboratoire de Physique générale de la Sorbonne.
11.	»	»	»	» 15981...	{ Harvard University, Cambridge (États-Unis).
12.	»	Juin	15.	Thermomètre Tonnelot 11193..	{ Harvard University, Cambridge (États-Unis).
13.	»	»	20.	Fil de 48 ^m en invar n° A ₁₁	{ Institut géodésique prussien, à Potsdam.
14.	»	»	20.	Quatre fils de 24 ^m en invar n°s A ₁₃ à A ₁₅ .	
15.	»	»	20.	Six fils en acier-nickel A ₂ , A ₈ , B ₁ , B ₂ , C ₁ , C ₂	{ Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe.
16.	»	»	25.	Broche de 300 ^{mm}	{ École de Mécanique de La Chaux-de-Fonds.
17.	»	Juill.	1.	Thermomètre Baudin 15878...	{ Lord Berkeley, Foxcombe, près Oxford.
18.	»	»	»	» 15879...	
19.	»	»	»	» 15880...	
20.	»	»	1.	» 15881...	
21.	»	»	»	» 15882...	
22.	»	»	20.	» 15883...	
23.	»	»	»	» 15884...	
24.	»	»	»	» 15885...	
25.	»	»	»	» 15886...	
26.	»	»	»	» 15888...	
27.	»	»	20.	Pièces de 10 ^g en bronze blanc et 1 ^g en platine iridié.....	{ Institut pour l'essai des matériaux, Stockholm.

28.	1903	Sept. 25.	Thermomètre Baudin 15283..	Université de Santiago.
29.	»	Oct. 21.	Thermomètre Tonnelot 11051..	Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.
30.	»	Nov. 24.	Thermomètre Baudin 16016..	
31.	»	»	»	Bureau of Standards, Washington.
32.	»	»	»	
33.	»	Déc. 21.	Étalon géodésique de 4 ^m	
34.	»	»	Étalon géodésique de 4 ^m	Académie royale des Sciences de Suède.
35.	»	»	Thermomètre Baudin 15960..	Harvard University; Di- vision of Engineering, Cambridge, Mass.
36.	»	»	»	
37.	»	»	Thermomètre Baudin 15887..	Lord Berkeley.
38.	1904	Jan. v. 4.	Règle de 1 ^m en bronze, de Bamberg, à Berlin.	Service géodésique de la République Argentine.
39.	»	»	Règle de 1 ^m en nickel. S.I.P. n° 16	
40.	»	Févr. 5.	Dilatation d'une tige d'acier- nickel.	M. S. Riefler. Munich.
41.	»	»	Règle de 1 ^m en acier-nickel à 44 %. S.I.P. n° 61	Service géodésique de la République Argentine.
42.	»	»	Règle de 1 ^m en acier-nickel invar, S.I.P. n° 52.....	
43.	»	»	Deux règles de 303 ^{mm} en acier- nickel invar, S.I.P.	Service des Poids et Me- sures de l'île de For- mose.
44.	»	»	Thermomètre Tonnelot 15972.	Bureau of Standards, Washington.
45.	»	»	Thermomètre Baudin 15962..	
46.	»	»	»	M. W. Louguinine, à Moscou.
47.	»	»	»	
48.	»	»	»	
49.	»	»	Règle de 1 ^m en acier-nickel invar, S.I.P. n° 43... ..	Société genevoise pour la construction d'instru- ments de Physique et de Mécanique.
50.	»	»	Règle de 1 ^m en acier-nickel à 44 %, S.I.P. n° 46.....	Institut météorologique et Service central des Poids et Mesures de Roumanie.
51.	»	»	Règle de 1 ^m en acier-nickel à 44 %. S.I.P. n° 47.....	Académie royale de Stock- holm.
52.	»	Mars 17.	Thermomètre Baudin 16063..	Observatoire de Tacubaya (Mexique).
53.	»	»	»	

54.	1904	Mai	19.	Étalon décimétrique n° 53	Observatoire de Paris.
55.	»	»	31.	Étalon décimétrique n° 16	} Direction générale des Poids et Mesures de Norvège.
56.	»	Juin	15.	Thermomètre Baudin 15964...	
57.	»	»	15.	» » 15965...	} Bureau of Standards, Washington.
58.	»	»	24.	» » 15966...	
59.	»	»	24.	» » 15967...	
60.	»	»	27.	» » 15968...	
61.	»	»	27.	» » 15969...	
62.	»	Juill.	4.	Règle de 1500 ^{mm} en acier-nickel à 44 % S.I.P.....	M. le Dr Chappuis, Bâle.
63.	»	»	10.	Règle de 1200 ^{mm} en invar	} Bureau topographique fédéral de la Suisse.
64.	»	»	5.	Pièce de 3 ^{kg} ,75 en nickel. ...	
65.	»	»	5.	Kilogramme en nickel.....	} Service des Poids et Mesures de l'île de Formose.
66.	»	»	25.	Étalon géodésique de 4 ^m en invar. S.I.P.....	
67.	»	»	25.	Étalon géodésique de 3 ^m en acier. S.I.P.....	} Bureau topographique fédéral de la Suisse.
68.	»	Août	10.	Étalon géodésique de 4 ^m en invar.	
69.	»	»	29.	Ruban de 12 ^m divisé.....	} Service géographique de l'Armée française.
70.	»	»	31.	Série d'étalons de masse en bronze blanc (subdivision du kilogramme)	
71.	»	»	31.	Série d'étalons de masse en bronze blanc (subdivision du gramme).....	} Service géographique de l'Armée serbe.
72.	»	Sept.	1.	Deux fils de 24 ^m en invar n ^{os} A ₂₆ et A ₃₉	
73.	»	»	1.	Un fil en invar argenté n° 0...	} Service géographique de l'Armée serbe.
74.	»	»	1.	Un fil de 8 ^m en invar n° 9....	
75.	»	»	1.	Un kilogramme en bronze blanc.	} État-major de l'Armée de la République Argentine
76.	»	»	5.	Un mètre plat en nickel.....	
77.	»	»	5.	Un mètre plat en invar	} Service central des Poids et Mesures de Roumanie.
					} MM. Arthur Thomas et C ^{ie} , Philadelphie.
					} Service du nivellement général de la France.

78.	1904	Sept.	15.	Deux fils de 20 ^m en invar, n ^{os} A ₂₈ et A ₄₀	} Service du Cadastre de la République française.
79.	»	»	15.	Quatre fils de 20 ^m en invar, n ^{os} A ₂₁ à A ₂₄	
80.	»	»	15.	Deux fils de 25 ^m en invar, n ^{os} A ₃₃ et A ₃₆	} Université de Sydney.
81.	»	»	15.	Thermomètre Baudin 15169 ^e ...	
82.	»	»	15.	Un fil de 24 ^m en invar n ^o A ₂₅ ..	} Service géographique de l'armée française.
83.	»	Oct.	15.	Deux fils de 24 ^m en invar n ^{os} 5 et 6.	
84.	»	Nov.	6.	Thermomètre Baudin 16028...	} Ministère des Postes et Télégraphes de la République française.
85.	»	»	15.	Ruban divisé de 4 ^m en invar ..	
86.	»	»	17.	Ruban de 20 ^m en invar.....	} Observatoire de Tacubaya (Mexique).
87.	»	»	25.	Quatre fils de 24 ^m en invar, n ^{os} 1, 2, 3, 4.....	
88.	»	»	25.	Un fil de 24 ^m en invar n ^o A ₂₇ ..	} Institut géodésique prussien, à Potsdam.
89.	»	»	25.	Quatre fils de 24 ^m en invar, n ^{os} A ₁₃ à A ₁₆ (nouvelle détermination).....	
90.	»	Déc.	20.	Thermomètre Baudin 16216...	} Observatoire de Tacubaya (Mexique).
91.	»	»	20.	Un fil de 25 ^m en invar, n ^o A ₃₈ ..	
92.	»	»	20.	Ruban de 20 ^m en invar.....	} Observatoire de Tacubaya.
93.	1905	Janv.	5.	Thermomètre Baudin 16217...	
94.	»	»	5.	Thermomètre Chabaud 80858..	M. J. Thurneyssen, Paris.
95.	»	»	20.	Étalon décimétrique n ^o 78.....	} M. W. Gifford, Oaklands, Chard (Angleterre).
96.	»	Mars	28.	Thermomètre Tonnelot 21197..	
97.	»	»	28.	Thermomètre Baudin 16235...	} Institut météorologique de Roumanie.

M. le PRÉSIDENT est certain d'être l'interprète du Comité tout entier, en exprimant les sentiments de la plus réelle gratitude envers M. le Directeur et ses collaborateurs, pour la constance de leur œuvre dans l'intérêt de l'Institution internationale.

M. le PRÉSIDENT demande si, avant de passer à la nomination des Commissions spéciales, des membres désirent quelques éclaircissements sur le Rapport de M. le Directeur.

M. MASCART voudrait bien savoir si les petites différences, signalées entre les nouvelles et les anciennes déterminations des kilogrammes, représentent une valeur réelle.

M. BENOÎT répond qu'il les considère vraiment comme réelles, quoique, pour la plupart, elles dépassent de bien peu la valeur des erreurs admissibles des mesures.

M. le PRÉSIDENT propose de constituer les Commissions habituelles en désignant :

Pour la Commission des Comptes et des Finances :

MM. Arndtsen, d'Arrillaga, Chaney ;

Pour la Commission des Instruments et Travaux :

MM. de Bodola, Egoroff, Gautier, Hasselberg, von Lang et Stratton.

Il reste entendu que les autres Membres du Comité peuvent assister aux séances de ces Commissions.

Les Commissions sont priées de bien vouloir se constituer le plus tôt possible.

M. le DIRECTEUR fait remarquer qu'en raison des travaux d'amélioration, sur lesquels le Comité sera appelé à délibérer, il y aura lieu de demander à M. le Directeur des Archives la clef du caveau des Prototypes internationaux, qui est entre ses mains. Le Comité l'autorise à faire cette démarche.

Sur une demande de M. MASCART, M. BENOÎT déclare que, en dehors des travaux exécutés et mentionnés dans son

Rapport, plusieurs autres travaux de réparation s'imposent dès maintenant. Il y a d'abord la nécessité de refaire toute la couverture de l'Observatoire, qui est dans un tel état qu'on ne peut pas même penser à une réparation partielle. D'après un devis demandé à l'architecte, cette réfection, absolument urgente, s'élèvera à la somme de 8400^{fr.} En second lieu, il faudra refaire le trottoir qui entoure l'Observatoire, et qui n'est plus en état de le protéger contre l'humidité. Ce travail exigera une dépense de 3000^{fr.} Enfin, sur l'initiative de M. Mascart, approuvée par le Comité, il conviendra d'apporter au caveau des Prototypes un certain nombre d'améliorations. Ainsi il serait très indiqué de garnir les parois et la voûte d'un revêtement de céramique analogue à celui employé dans le Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers. Ce revêtement exigera une dépense de 2000^{fr.}

M. Benoît ajoute que cet ensemble de dépenses ne dépasse pas les moyens financiers disponibles; mais il serait tout à fait désirable que le Comité se prononçât, dès cette session, sur ces différents points.

M. BLASERNA est d'avis que les deux premières propositions, concernant la toiture et le trottoir, doivent être soumises à l'examen de la Commission des Comptes et Finances. La proposition est adoptée.

En ce qui concerne les améliorations à apporter au caveau des Prototypes, M. BENOÎT croit qu'il serait utile d'aller se rendre compte de ce qui a été fait dans ce sens au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.

M. MASCART, en sa qualité de Président du Bureau national français des Poids et Mesures, est heureux de saisir cette occasion pour inviter le Comité à bien vouloir visiter, dans la seconde moitié de la semaine prochaine, le Laboratoire d'essais et l'installation qui s'y trouve amé-

nagée en **vue de la nouvelle détermination interférentielle**, indiquée dans le **Rapport de M. Benoît**. **M. Mascart** ajoute que le Comité trouvera certainement un réel intérêt à visiter les autres parties de ce **grand laboratoire de récente installation**. Le Comité accepte très volontiers cette aimable invitation.

M. FÖRSTER estime que, si le Comité est d'avis de recommander à la Commission des Comptes et Finances les améliorations à apporter au caveau des Prototypes, la dépense nécessaire pourrait être imputée sur le **Compte II**, qui a trait aux frais des étalons et témoins internationaux, et qui est parfaitement en état de supporter cette dépense.

MM. BENOÎT et **BLASERNA** appuient cet avis, et la Commission est chargée de présenter un **Rapport**.

M. le PRÉSIDENT lève la Séance à 5^h, après avoir fixé la prochaine réunion du Comité à vendredi 7 avril, à 9^h30^m du matin, au Bureau central météorologique, rue de l'Université, 176, gracieusement mis à sa disposition par **M. Mascart**.



PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

Vendredi 7 avril 1905.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, EGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, VON LANG, MASCART, STRATTON.

M. Guillaume, invité, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 9 heures et demie.

Le Procès-Verbal de la première séance est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. le Secrétaire pour son Rapport sur la gestion du Bureau du Comité depuis la dernière session de 1903.

M. BLASERNA déclare qu'il doit attirer l'attention du Comité sur trois ordres principaux de faits qui se sont produits dans cet intervalle.

Le premier a trait à la démission regrettée de M. Michelson et à l'élection de son successeur. Dans le courant d'octobre dernier, M. Michelson a adressé au Secrétaire une lettre que le Bureau a transmise aux membres du Comité par la circulaire suivante :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Pavillon de Breteuil, Sèvres (S.-et-O.),
le 16 novembre 1904.

CHER ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Nous recevons, de la part de notre éminent Collègue M. Michelson, la lettre ci-jointe :

« Chicago, october 26th, 1904.

» *To the Secretary of the Comité international
des Poids et Mesures.*

» SIR,

» I have the honour to tender this my resignation as Membre du Comité international des Poids et Mesures.

» I am induced much at my regret to take this step, in consequence of the pressure of other work which, I have long hoped, would relax sufficiently for me to be present at the annual meetings, a hope which is still far from realization.

» With great regret at having to sever my official connection with the Committee, and with the hope that our personal relations may still continue as cordial in the future as they have been in the past,

» I remain,

» very sincerely yours

» A.-A. MICHELSON. »

La raison pour laquelle M. Michelson donne sa démission des fonctions de Membre du Comité international est très sérieuse. Il se trouve dans sa période de plus grande activité scientifique et didactique, et l'on comprend facilement qu'il ne lui soit pas possible de faire, tous les deux ans, ce long voyage à travers l'Océan, pour prendre part à nos travaux. Et c'est pour la même raison, que nous ne pouvons pas insister pour lui demander de rester avec nous. C'est à notre grand regret que nous croyons donc devoir accepter la démission de notre illustre Collègue. Mais en même temps

nous ne pouvons et nous ne devons pas oublier que la Métrologie doit à M. Michelson et à son éminent collaborateur un des plus grands triomphes, par ses mesures de longueurs d'ondes en fonction du Mètre international. Nous croyons donc être certains de l'assentiment bienveillant du Comité, en déclarant que, à sa prochaine réunion, qui aura lieu le 5 avril 1905, nous proposerons de décerner à M. Michelson le titre de Membre honoraire du Comité.

Pour remplir la place devenue ainsi vacante, nous vous prions de bien vouloir envoyer au Secrétaire soussigné, à l'Institut de Physique, Via Panisperna, Rome, votre nouvelle proposition, avant la fin du prochain mois de février.

Agréez, cher et très honoré Collègue, l'expression de nos sentiments bien distingués.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

Comme il est dit dans cette circulaire, le Comité se trouvait dans l'impossibilité de résister à la demande de M. Michelson. Il y eut donc lieu de procéder à l'élection de son successeur, d'après les règles tracées par le Règlement de la Convention. Le résultat du vote a été l'élection, à l'unanimité des votants, de M. le docteur Samuel-W. Stratton, Directeur du *Bureau of Standards*, à Washington. Cette élection a été portée à la connaissance du Gouvernement des États-Unis, ainsi qu'à celle des membres du Comité.

Nous nous sommes empressés également de l'annoncer à notre nouveau Collègue par la lettre suivante :

Berlin et Rome, le 3 mars 1905.

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Nous sommes heureux de pouvoir vous annoncer que le Comité International des Poids et Mesures vous a élu, à l'unanimité des votants, Membre du Comité, en remplacement de M. le Professeur Albert-A. Michelson, qui a désiré s'en retirer en raison de ses nombreuses occupations.

Nous espérons que vous voudrez bien accepter cette charge honorifique, et nous comptons sur votre collaboration éclairée et efficace, dans tous les travaux qui concernent notre Comité International.

Le Comité tiendra sa prochaine session bisannuelle au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, près Paris, le 5 avril 1905, à 3 heures de l'après-midi, et les jours suivants, et sera très heureux si vous pouvez prendre part à ses réunions.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur et très honoré Collègue, l'expression de nos sentiments les plus distingués.

Le Secrétaire,
BLASERNA.

Le Président,
FOERSTER.

M. STRATTON a bien voulu, par la lettre suivante, nous annoncer son acceptation et en même temps sa prochaine arrivée à Paris, pour prendre part à la session du Comité.

DEPARTMENT OF COMMERCE AND LABOR,
BUREAU OF STANDARDS, WASHINGTON.

March 14, 1905.

*Prof. W. Foerster, President, International Committee of
Weights and Measures, Sèvres, France.*

MY DEAR SIR,

I beg to acknowledge the receipt of your letter of March 3rd informing me of my election as a member of the International Committee of Weights and Measures. In reply I would state that it will give me great pleasure to serve as a member of that distinguished body. I shall sail from New-York March 25th and will be in Paris not later than the 5th of April.

Thanking you very greatly for the interest you have taken in this matter and looking forward with pleasure to meeting you, I remain,

Yours very truly,

S.-W. STRATTON,
Director.

La présence de M. Stratton a déjà été saluée par M. le Président dans notre première séance.

Le second ordre de faits concerne la situation financière de notre institution.

Conformément aux prescriptions réglementaires, nous avons adressé, aux Hauts Gouvernements contractants, un Rapport spécial financier pour les exercices 1903-1904, et un second pour les exercices 1904-1905. Voici ces deux documents :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

RAPPORT SPÉCIAL FINANCIER

AUX

GOVERNEMENTS DES HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

SUR LES EXERCICES DE 1903 ET 1904.

Nous nous empressons de présenter, comme chaque année, aux Hauts Gouvernements signataires de la Convention du Mètre, le *Rapport spécial financier*, sur l'exercice, en grande partie déjà consommé, de l'année courante 1903, et sur les prévisions pour l'exercice de 1904, telles qu'elles résultent des délibérations du Comité international, qui s'est réuni en session réglementaire pendant le mois d'avril 1903. En même temps, ce Rapport contient le Tableau des parts contributives pour l'année 1904.

I. Si l'on fait abstraction, comme toujours, du Vénézuéla, qui a cessé de verser ses contributions depuis 1885, on constate d'abord que les versements des contributions, tant arriérées que pour l'année courante, sont rentrés d'une manière satisfaisante, comme cela résulte du Tableau suivant :

*Versements faits au Compte du Bureau international en 1903
(jusqu'au 31 octobre).*

		Contributions	
		arriérées. pour 1903.	
			fr
Janv.	6.	Norvège	399
»	6.	Suède	1173
Mars	2.	Japon	7187 ⁽¹⁾
»	2.	Suisse	782
»	4.	Allemagne	13214
»	11.	République Argentine (1899-1903).	3936 ^{fr} 1095
»	14.	Italie	7428
»	25.	Mexique	2971
»	25.	Russie	19781
Avril	18.	Autriche	6020
»	18.	Hongrie	4378
Mai	5.	France	9070
»	5.	Belgique	1564
»	15.	Danemark	156
»	22.	Portugal	1173
Juin	3.	Grande-Bretagne et Irlande	6490
»	15.	Pérou (1897-1901)	3541
Oct.	31.	Espagne	4222
»	31.	Roumanie	1407
			7477
			88580

A ce Tableau, il faut ajouter que les États-Unis d'Amérique avaient versé en 1902, par anticipation, une somme de 11953^{fr} pour leur contribution de 1903. Mais, comme cette dernière devait s'élever à 11962^{fr}, il en résulte une petite erreur de 9^{fr}, due à la même cause que pour le Japon, et dont il sera aussi tenu compte dans la répartition pour 1904.

Sur le Tableau de répartition des 100000^{fr} pour l'exercice de

(¹) Il s'est produit, sur le versement du Japon, une petite erreur de 6^{fr}, tenant à ce que la contribution a été payée d'après le Tableau de répartition de l'exercice précédent, qui l'avait fixée à 7187^{fr}, tandis que la contribution pour 1903 devait être de 7193^{fr}; il en sera tenu compte dans le Tableau de répartition pour 1904.

1903, il reste donc seulement, n'ayant pas encore versé, à la date actuelle, sa contribution :

La Serbie..... 547^{fr}

En réunissant ces résultats, on peut les résumer, en ce qui concerne l'année courante 1903, ainsi qu'il suit :

Contributions versées.....	88 580 ^{fr}
Anticipation des États-Unis.....	11 953
Corrections sur les contributions des États-Unis et du Japon.....	15
Contributions non rentrées.....	547
	<hr/>
	101 095

Le total excéderait donc de 1095^{fr} la dotation réglementaire de 100 000^{fr}. C'est que, en effet, ces 1095^{fr} représentent la contribution de la République Argentine, qui n'avait pas été, conformément aux décisions de la Conférence générale de 1889, comprise dans le Tableau de répartition des 100 000^{fr} pour l'année 1903, par suite des arriérés que ce pays avait laissé accumuler pendant plus de trois années. Ces arriérés ayant été complètement liquidés depuis, il y a lieu maintenant de tenir compte de ces 1095^{fr} aux autres États, qui avaient été appelés (le Pérou excepté, par suite d'une situation semblable) à avancer cette somme, et de la porter en déduction de leurs contributions dans le Tableau de répartition pour 1904.

Le Pérou a, comme on l'a vu ci-dessus, liquidé ses arriérés jusqu'à l'exercice 1901 inclus. Il doit encore actuellement ses contributions pour 1902 et 1903, savoir :

Pour 1902.....	1094
Pour 1903.....	1095
	<hr/>
Soit un total de.....	2189

Mais, tandis que, dans les années précédentes, le Pérou avait été compris dans le Tableau de répartition, pour les années 1902-1903 il avait cessé d'être compris; il en résulte que cette somme de 2 189^{fr}, lorsqu'elle rentrera, devra à son tour être remboursée aux autres Gouvernements, conformément à la même règle. En attendant,

puisque le Pérou, sans avoir encore complètement régularisé sa situation, n'est plus en retard que de *deux* ans, le bureau du Comité est d'avis qu'il doit le faire rentrer de nouveau pour sa part dans la distribution de l'exercice 1904.

II. La situation, au 1^{er} janvier 1903, de la *Caisse des retraites*, récemment organisée, a été donnée avec tous les détails nécessaires, dans le Rapport du Directeur du Bureau présenté au Comité international, lors de sa session d'avril dernier. Nous mentionnerons seulement que le capital placé à cette date montait à 33811^{fr},70 (valeur d'achat), et qu'il restait en caisse, en espèces, une somme de 1043^{fr},70. Depuis lors, jusqu'au 31 octobre, cette somme s'est augmentée de :

Retenues sur les traitements (janvier-octobre).....	618,67 ^{fr}
Coupons échus.....	1020,50
Taxes de vérifications.....	600,00
	<hr/>
	2239,17

D'autre part on a acheté :

Le 3 avril 1903, 41 ^{fr} Rente 3 % français, ayant coûté...	1348,50 ^{fr}
Le 6 octobre » 52 ^{fr} » »	1674,40
	<hr/>
	3022,90

Il en résulte que le capital placé monte actuellement à 36834^{fr},60 (valeur d'achat), représentant 1093^{fr} de rente, et qu'il y a en caisse un reliquat de 259^{fr},97.

III. Sur la comptabilité du Bureau international, les *Procès-verbaux* des Séances du Comité, tenues dans le mois d'avril 1903, contiennent tous les détails qui ont été, comme toujours, soigneusement examinés, avec toutes les pièces justificatives, par une Commission spéciale, et ensuite approuvés par le Comité. Nous nous permettrons de donner aux Hauts Gouvernements un court résumé des conclusions auxquelles a conduit cet examen.

Notre comptabilité se divise en cinq Comptes spéciaux dont chacun est séparément actif et passif.

a. Le Compte I concerne les *Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique*. Ses ressources proviennent des

taxes de vérifications, dont une partie s'inscrit à ce compte, tandis qu'une autre partie, jusqu'au maximum de 1 000^{fr}, appartient désormais à la Caisse des retraites. Ses dépenses se rapportent à l'accroissement et à l'amélioration du matériel scientifique du Bureau.

A la fin de 1902, le Compte I avait un actif disponible de 18 185^{fr},08.

b. Le Compte II concerne les *Frais des étalons et témoins internationaux*. Depuis quelques années, il est resté intact, avec un actif de 31 431^{fr},45.

c. Le Compte III (*Frais annuels*) est alimenté par les recettes provenant des contributions réglementaires des États signataires de la Convention du mètre, actuellement fixées à 100 000^{fr}; il comprend toutes les dépenses nécessaires pour l'entretien des bâtiments appartenant au Bureau, pour le paiement du personnel, pour l'entretien du matériel scientifique et l'acquisition du matériel auxiliaire, pour les frais des expériences ou des recherches de haute précision et le fonctionnement du laboratoire; pour la publication des travaux, rapports et procès-verbaux; pour la bibliothèque; pour les frais généraux d'administration, chauffage, éclairage, assurances, etc.

Pendant l'exercice de 1902, l'actif de ce compte s'était	
élevé à.....	fr 170340,44
Les dépenses du même exercice ayant été de.....	84413,50
Il lui restait, à la fin de 1902, un actif de.....	85926,94

d. Le Compte IV concerne le fonctionnement de la *Caisse des retraites*, dont il a été parlé plus haut.

e. Le Compte V, enfin, est simplement un *fonds de réserve*, constitué conformément aux décisions de la dernière Conférence générale; à la fin de 1902, il y avait un actif de 7753^{fr},06.

En récapitulant ces résultats, et laissant de côté la *Caisse des retraites*, qui a un but tout à fait spécial et constitue un Compte entièrement séparé et indépendant, on trouve les actifs suivants :

Compte I.....	fr 18185,08
Compte II.....	31431,45
Compte III.....	85926,94
Compte V.....	7753,06
	143296,53

Ce total représente un actif disponible assez important, dû à l'administration rigoureuse et parcimonieuse du Bureau et du Comité international, depuis sa fondation jusqu'à nos jours. Cet actif, qui constitue une garantie de sécurité pour l'Institution internationale, et permettrait, au besoin, de parer à des difficultés que pourraient faire naître des circonstances anormales et imprévues, fournira aussi les moyens soit de procéder, à un moment donné, au renouvellement plus ou moins complet d'un matériel scientifique que les progrès incessants de la science transforment tous les jours, soit à concourir à la construction d'un nouveau laboratoire, dont on commence déjà à sentir le besoin.

IV. Le projet de budget pour l'exercice de 1904 a été examiné et voté par le Comité international dans sa dernière session. L'une des raisons qui ont décidé le Comité à proposer aux Hauts Gouvernements contractants le retour à la dotation primitive de 100000^{fr} a été d'y trouver les moyens de constituer peu à peu une réserve suffisante pour faire face à toutes les nécessités extraordinaires et imprévues que les progrès de la science, ainsi que nous venons de le dire, réclament et réclameront toujours. L'outillage d'un laboratoire de haute précision est, en effet, extrêmement coûteux ; le prix d'un seul instrument de premier ordre dépasse considérablement les disponibilités qui nous seraient fournies par notre budget annuel. Sous peine de rester en arrière, une réserve est absolument nécessaire, si l'on veut éviter de peser, par des demandes souvent renouvelées, sur la bienveillance des Hauts Gouvernements contractants. Une réserve semblable n'est pas moins indispensable pour assurer, avec le petit fonds qui a été inscrit, par décision des Gouvernements eux-mêmes, au Compte V, la marche administrative du Bureau et son service de caisse. C'est pour ces raisons que le Comité a voulu inscrire pour la première fois, dans le budget de 1904, une réserve de 5000^{fr}, qu'on espère pouvoir augmenter dans les budgets successifs.

Le projet de budget, ainsi délibéré, et qui diffère d'ailleurs très peu, dans ses grandes lignes, de ceux des exercices précédents, est le suivant :

PROJET DE BUDGET POUR L'EXERCICE DE 1904 :

A. *Personnel* :

	fr	
1. Directeur.....	15 000	
2. Directeur adjoint.....	10 000	
3. Aides calculateurs.....	10 000	
4. Mécanicien.....	3 360	
5. Garçon de bureau.....	2 160	
6. Personnel auxiliaire pour les études thermométriques.....	3 000	
7. Indemnités pour services et travaux extraordinaires.....	5 000	
	<hr/>	48 520 fr

B. *Indemnité du Secrétaire*

6 000

C. *Frais généraux d'administration* :

1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier.....	6 000	
2. Achat et entretien de machines et instruments.....	9 000	
3. Frais d'atelier.....	800	
4. Frais de laboratoire et achat de glace...	2 000	
5. Frais de chauffage.....	3 600	
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3 000	
7. Concession d'eau.....	150	
8. Prime d'assurance.....	350	
9. Frais de bureau.....	900	
10. Bibliothèque.....	1 000	
11. Frais d'impressions et de publications...	9 000	
12. Frais de secrétariat.....	1 000	
13. Frais divers et imprévus.....	3 680	
14. Réserve.....	5 000	
	<hr/>	45 480

Total..... 100 000

V. En terminant, nous présentons ici le Tableau des parts contributives pour 1904. En l'établissant, nous avons cru devoir modifier dans une certaine mesure le procédé qui avait été employé dans les années précédentes. La Convention du Mètre a stipulé que

ces parts contributives seraient établies en proportion de la population de chaque État, en laissant au Comité le soin de s'en procurer le chiffre. Au début, on avait puisé les informations nécessaires dans l'*Almanach de Gotha*, qui a, pour ainsi dire, un caractère officiel ou presque officiel. Plus tard, afin de connaître les changements survenus dans les populations, on prit l'habitude de s'adresser aux Gouvernements pour en obtenir directement les renseignements statistiques les plus récents et les plus autorisés. Mais, souvent, les réponses arrivaient irrégulièrement ou trop tardivement, en sorte que le bureau du Comité s'est trouvé souvent embarrassé pour fonder son calcul sur des Tableaux qui fussent réellement à jour au point de vue de la population. Comme d'ailleurs, dans presque tous les pays, la population va en croissant, il s'ensuivait que les États dont les réponses arrivaient en temps utile se trouvaient, par ce fait, un peu plus chargés, en proportion, que ceux qui répondaient trop tard ou ne répondaient pas. Bien que les écarts qui en résultaient dans le Tableau des contributions fussent généralement très peu importants, un tel mode de répartition pouvait évidemment prêter le flanc à la critique.

En ayant égard à ces considérations, le Comité, dans sa séance du 17 avril dernier, a autorisé son bureau à revenir, pour le calcul du Tableau des parts contributives, à la première méthode, en se servant chaque année de l'*Almanach de Gotha*, pour établir les chiffres des populations des Hauts Gouvernements contractants. Nous espérons que ce retour à l'ancien procédé aura aussi l'assentiment des Gouvernements, parce qu'il assure une répartition plus exacte et plus juste des charges qu'ils ont bien voulu accepter dans l'intérêt de l'œuvre commune. Nous avons donc pris les données contenues dans l'*Almanach de Gotha de 1903*; et c'est sur cette base qu'a été établi le Tableau ci-après des parts contributives.

On remarquera que ce Tableau contient, cette fois, deux colonnes pour les *Parts contributives*; la première a été calculée sur la base normale de la dotation de 100000^{fr}; dans la seconde, il a été tenu compte des circonstances particulières et spéciales à cet exercice que nous avons signalées plus haut. La République Argentine ayant, comme on l'a vu, liquidé ses arriérés et payé ses contributions pour 1903, dont les autres Gouvernements (le Pérou excepté) avaient avancé le montant en versant leurs contributions de cette même année, nous nous empressons de leur rendre cette somme de 1095^{fr}, que nous avons ainsi reçue deux fois, en la portant en déduction de

leurs parts contributives, d'après le Tableau de répartition de 1903. En outre, nous avons tenu compte aussi des corrections indiquées plus haut, c'est-à-dire des petites sommes de 9^{fr} et de 6^{fr}, qui restaient dues respectivement par les États-Unis et le Japon sur l'exercice de 1903. La dernière colonne contient donc la répartition spéciale qui indique les versements réellement à faire pour l'exercice de 1904.

Tableau des parts contributives des États contractants, pour le Bureau international des Poids et Mesures (exercice de 1904).

ÉTATS contractants.	ANNÉE de recensement.	POPULATION.	COEFFICIENT.	FACTEUR de distribution.	FRAIS ANNUELS	RÉPARTITION spéciale pour l'année 1904.
					100 000 fr. — Unité : 75,415 fr. PARTS CONTRIBUTIVES.	
1 Allemagne ..	1900	56 367 178	3	169	12 745 ^{fr}	12 600 ^{fr}
2 États-Unis d'Amérique.	1900	76 303 387	2	153	11 539	11 418
3 République Argentine.	1900	4 794 149	3	14	1 056	1 056
4 Autriche....	1900	26 150 708	3	78	5 882	5 816
5 Belgique....	1900	6 799 999	3	20	1 508	1 491
6 Danemark....	1901	2 404 770	1	2	151	149
7 Espagne.....	1900	18 618 086	3	56	4 223	4 177
8 France.....	1901	38 961 945	3	117	8 824	8 725
9 Gr.-Bretagne et Irlande.	1901	41 605 220	2	83	6 259	6 188
10 Hongrie.....	1900	19 251 559	3	58	4 374	4 326
11 Italie.....	1901	32 475 253	3	97	7 315	7 234
12 Japon.....	1899	46 521 314	2	93	7 014	6 941
13 Mexique....	1901	13 601 923	3	41	3 092	3 059
14 Norvège....	1900	2 239 880	3	7	528	523
15 Pérou.....	1896	4 539 550	3	14	1 056	1 056
16 Portugal....	1900	5 428 800	3	16	1 207	1 194
17 Roumanie...	1901	6 081 527	3	18	1 357	1 342
18 Russie.....	1897	128 187 927	2	256	19 306	19 089
19 Serbie.....	1901	2 535 915	3	8	603	597
20 Suède.....	1900	5 175 228	3	16	1 207	1 194
21 Suisse.....	1900	3 315 443	3	10	751	745
22 (Vénézuëla).	1894	2 444 816	3	(7)	(528)	(528)
				1326	100 000	98 920

Berlin et Rome, le 13 novembre 1903.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

RAPPORT SPÉCIAL FINANCIER

AUX

GOUVERNEMENTS DES HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

SUR LES EXERCICES DE 1904 ET 1905.

Nous avons l'honneur de présenter, comme les années précédentes, aux Hauts Gouvernements signataires de la Convention du Mètre, le *Rapport spécial financier*, concernant l'exercice, en grande partie déjà écoulé, de l'année courante 1904, et comprenant les prévisions pour l'exercice de 1905, ainsi que le Tableau des parts contributives pour la même année 1905.

1. Nous donnerons tout d'abord le Tableau des versements qui ont été effectués, par les différents États, tant pour les contributions arriérées que pour les contributions de l'année courante.

*Versements faits au Compte du Bureau international en 1904
(jusqu'au 31 octobre 1904).*

			Contributions	
			arriérées.	pour 1904.
1903	Novembre	30.	République Argentine..	1 056 ^{fr}
1904	Janvier	8.	Serbie	597
	»	11.	Norvège.....	523
	»	11.	Suède ..	1 194
	Février	3.	Italie.....	7 234
	»	3.	Suisse.....	745
	Mars	3.	Autriche	5 816
	»	3.	Allemagne.....	12 600
	»	3.	France.....	8 725
	»	3.	Hongrie.....	4 326
A reporter.....				42 816

		Report.....		42816 ^r
1904	Mars	3. Portugal.....		1172
	»	30. Mexique.....		3059
	Avril	28. Danemark.....		149
	Mai	20. Belgique.....		1491
	»	20. Japon.....		6941
	»	20. Roumanie.....		1342
	Juin	20. Espagne.....		4177
	Juillet	10. Serbie.....	547 ^{fr}	
	Octobre	15. États-Unis.....		11418
	»	26. Grande-Bretagne.....		6188
			<hr/>	<hr/>
			547 ^{fr}	78753

Ce Tableau donne lieu aux remarques suivantes :

Sur le versement du Portugal, il s'est produit une petite erreur de 22^{fr}, tenant à ce que la contribution de cet État a été payée d'après le Tableau de répartition de l'exercice précédent, qui avait fixé sa part à 1172^{fr}, tandis que la contribution de 1904 devait être, conformément au précédent Rapport financier, de 1194^{fr}. Cette petite somme sera portée, ci-après, en augmentation dans le Tableau spécial de répartition pour 1905.

La contribution de la République Argentine avait été versée, comme on le voit, par anticipation, dès la fin de 1903. Par contre, les contributions de deux États ne sont pas rentrées à la date actuelle. Pour l'un d'eux, la Russie, le versement a été annoncé, et il y a lieu de croire qu'il sera fait encore avant la fin de l'exercice. Pour l'autre, le Pérou, c'est un nouvel arriéré ajouté à des arriérés anciens. En effet, le Pérou avait, au cours de l'année précédente, versé ses arriérés jusqu'à l'exercice 1901 inclus. Actuellement, il doit encore ses contributions pour les années suivantes, savoir :

Pour l'année 1902.....	1094 ^{fr}
Pour l'année 1903.....	1095
Pour l'année 1904.....	1056
	<hr/>
Soit un total de..	3245

Conformément aux décisions des Conférences générales, le Comité

est donc obligé de faire provisoirement abstraction du Pérou, dans l'établissement du Tableau des contributions pour le nouvel exercice. Par suite de circonstances semblables, qui se sont déjà produites précédemment, c'est, ainsi qu'il a été expliqué dans le Rapport spécial financier de l'année dernière, vis-à-vis des autres Gouvernements de la Convention que le Pérou reste actuellement débiteur de ses contributions de 1902 et 1903, tandis que celle de 1904 reste due au Service international des Poids et Mesures.

Enfin, nous continuons à faire abstraction du Vénézuéla, qui a cessé de verser ses contributions depuis 1885, et dont la dette totale monterait actuellement à 9843^{fr}.

II. *Caisse de secours et de retraites.* — D'après le précédent Rapport financier, la Caisse de retraites possédait, fin octobre 1903, un capital placé en rentes françaises de 36834^{fr},60, et un solde en espèces, en caisse, de

	259,97 ^{fr}
Depuis, il s'est ajouté à cette dernière somme :	
Retenues sur les traitements (nov. 1903-oct. 1904) ..	742,40
Coupons échus	1105,50
Taxes de vérifications	400,00
	2507,87
D'autre part, on a acheté :	
Le 2 juillet 1904, 50 ^{fr} Rente 3 0/0 français, ayant coûté.	1642,00

Il en résulte que le capital placé monte actuellement à 38476^{fr},60 (valeur d'achat), représentant 1143^{fr} de rente, et qu'il y a en caisse un reliquat de 865^{fr},87.

III. A l'occasion de notre inspection, faite au Bureau international des Poids et Mesures, dans le courant du mois d'octobre de cette année, nous avons pris connaissance de la comptabilité du Bureau. Elle sera, comme d'habitude, examinée en détail au mois d'avril prochain, par le Comité lui-même, qui sera alors réuni en session. En attendant, nous avons pu nous assurer qu'elle reste tenue, comme par le passé, avec un ordre parfait. L'état financier de l'Institution internationale, à la fin de l'exercice 1903, peut se

résumer dans le Tableau suivant, qui indique les soldes des actifs disponibles, à cette date, dans chacun des Comptes du Bureau :

Compte I.	Frais d'établissement (solde actif)...	20 710,08	fr
» II.	Frais des étalons internationaux.....	31 431,45	
» III.	Frais annuels.....	106 841,88	
» V (1).	Fonds de réserve.....	7 908,12	
	Total.....	<u>166 891,53</u>	

IV. Le projet de budget suivant, que nous avons l'honneur de présenter pour l'exercice de 1905, est conforme aux délibérations prises par le Comité dans sa dernière session de 1903. Il ne diffère presque pas, du reste, de celui de l'exercice précédent.

PROJET DE BUDGET POUR L'EXERCICE DE 1905 :

A. *Personnel* :

1. Directeur.....	15 000	fr
2. Directeur adjoint.....	10 000	
3. Aides calculateurs.....	10 000	
4. Mécanicien.....	3 360	
5. Garçon de bureau.....	2 160	
6. Personnel auxiliaire pour les études thermométriques.....	3 000	
7. Indemnités pour services et travaux extraordinaires.....	5 000	
	<u>48 520</u>	fr

B. *Indemnité du Secrétaire*.....

6 000

C. *Frais généraux d'administration* :

1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier.....	6 000	
2. Achat et entretien des machines et ins- truments.....	9 000	
3. Frais d'atelier.....	800	
A reporter.....	<u>15 800</u>	<u>54 520</u>

(1) Le Compte IV concerne la Caisse des retraites, dont la situation a été établie plus haut.

	Report.....	15 800 ^{fr}	54 520 ^{fr}
4.	Frais de laboratoire et achat de glace.	2 000	
5.	Frais de chauffage.....	3 600	
6.	Frais d'éclairage et gaz pour labora- toire et moteur.....	3 000	
7.	Concession d'eau.....	150	
8.	Prime d'assurance.....	350	
9.	Frais de bureau.....	1 000	
10.	Bibliothèque.....	1 000	
11.	Frais d'impressions et de publications.	9 000	
12.	Frais de secrétariat.....	1 000	
13.	Frais divers et imprévus.....	3 580	
14.	Réserve.....	5 000	
		—	45 480
	Total.....		100 000

V. Enfin, nous terminerons ce Rapport par le Tableau des Parts contributives pour l'exercice de 1905. Pour établir les données statistiques concernant le chiffre de la population, nous avons, comme l'année dernière, consulté l'Almanach de Gotha de 1904, en nous conformant aux délibérations du Comité, aucune objection ne nous étant parvenue à ce sujet de la part des Hauts Gouvernements contractants.

Nous ferons remarquer que, cette fois encore, le Tableau contient deux colonnes pour les *Parts contributives*; la première a été calculée sur la base normale de la dotation annuelle de 100 000^{fr}, et en supposant que tous les États contractants (excepté le Vénézuéla) aient versé régulièrement leurs contributions. Mais, pour l'année 1905, il faut, comme nous l'avons expliqué plus haut, faire abstraction du Pérou; et nous devons ajouter, pour le Portugal, la somme de 22^{fr} provenant de la petite erreur que nous avons signalée. La deuxième colonne, qui contient la répartition spéciale pour l'année 1905, diffère pour ces deux raisons de la première; il en résulte que la somme totale est de 100 022^{fr} au lieu de la somme normale de 100 000^{fr}.

Tableau des parts contributives des États contractants, pour le Bureau international des Poids et Mesures (exercice de 1905).

ÉTATS contractants.	ANNÉE de recensement.	POPULATION.	COEFFICIENT.	FACTEUR de distribution.	FRAIS ANNUELS	RÉPARTITION
					100 000 fr.	spéciale
					Unité : 74,794 fr.	pour l'année 1905.
					PARTS CONTRIBUTIVES.	Unité spéciale : 75,596 fr.
1 Allemagne ..	1900	56 367 178	3	169	12 640	12 773
2 États-Unis d'Amérique.)	1900	76 303 387	2	153	11 443	11 565
3 République Argentine..)	1901	4 926 913	3	15	1 122	1 134
4 Autriche....	1900	26 150 708	3	78	5 834	5 896
5 Belgique....	1902	6 896 079	3	21	1 571	1 587
6 Danemark....	1901	2 464 770	1	2	150	151
7 Espagne....	1900	18 618 086	3	56	4 188	4 233
8 France.....	1901	38 961 915	3	117	8 751	8 844
9 Gr.-Bretagne et Irlande..)	1903	42 422 000	2	85	6 357	6 425
10 Hongrie.....	1900	19 254 579	3	58	4 338	4 384
11 Italie.....	1903	32 961 247	3	99	7 405	7 483
12 Japon.....	1901	47 608 875	2	95	7 105	7 181
13 Mexique....	1901	13 604 923	3	41	3 067	3 099
14 Norvège....	1901	2 240 032	3	7	524	529
15 Pérou.....	1896	4 559 550	3	14	1 047	(1 058)
16 Portugal....	1901	5 428 800	3	16	1 197	1 231
17 Roumanie...	1902	6 195 798	3	19	1 421	1 436
18 Russie.....	1897	128 797 334	2	258	19 297	19 501
19 Serbie.....	1903	2 579 842	3	8	598	605
20 Suède.....	1903	5 198 752	3	16	1 197	1 209
21 Suisse.....	1901	3 325 023	3	10	748	756
22 (Vénézuëla).	1894	2 444 816	3	(7)	(524)	(529)
				1323	100 000	100 022

Berlin et Rome, le 12 novembre 1904.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

Nous avons le plaisir de pouvoir constater que la situation financière est redevenue tout à fait normale. Au commencement de l'année 1905, tous les arriérés sont rentrés,

sauf pour le Vénézuéla, qui, du reste, depuis bien des années, n'est plus compris dans nos prévisions.

La troisième et la plus importante question, dont nous avons à vous rendre compte, concerne le nouveau mode de répartition de la contribution de 100 000^{fr} entre les États contractants. Le Comité, dans sa dernière session, avait élaboré avec un grand soin un nouveau projet, d'une part pour faciliter aux États, dans lesquels le Système métrique n'était encore que facultatif, leur transition à la période obligatoire, et en même temps pour présenter aux États un moyen avantageux de faire bénéficier leurs colonies de l'usage et des ressources du Système métrique.

Le conflit qui malheureusement a éclaté entre deux grands pays, directement intéressés à cette réforme, nous a engagés à retarder les premières démarches que votre bureau devait faire à ce sujet. Mais, dans le mois de novembre passé, nous avons envoyé à tous les États contractants la Circulaire suivante, qui résume et explique le caractère de la proposition du Comité :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

PROPOSITIONS DU COMITÉ

AUX HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

concernant un nouveau mode de répartition des contributions.

Berlin et Rome, le 12 novembre 1894.

I. Le Comité international des Poids et Mesures a été frappé du fait que, le Système métrique ayant été déclaré facultatif en Russie, il en est résulté pour ce grand pays une telle augmentation de sa contribution, que celle-ci représente un cinquième de la dotation entière consacrée au Bureau international par l'ensemble de tous les Hauts Gouvernements contractants; et que, dans le cas très

désirable où la Russie donnerait chez elle le caractère obligatoire au Système métrique, elle aurait, d'après le mode de répartition, à payer à elle seule plus du quart de cette dotation.

D'autre part, il y a, dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et Irlande et dans ses nombreuses colonies, un mouvement très accentué en faveur du Système métrique obligatoire.

Si ce mouvement venait à amener les résultats que tous les amis du Système métrique désirent, les contributions de la Grande-Bretagne et de ses colonies, jointes à celles de la Russie, formeraient les deux tiers du budget total de l'Institution internationale.

Il y aurait là une situation tout à fait anormale à un double point de vue : d'un côté, cette surcharge serait exagérée pour les deux États auxquels elle s'appliquerait; de l'autre côté, le caractère international de l'Institution pourrait donner l'impression d'être faussé par la prépondérance financière de ces États. Le Comité, dans sa dernière session de 1903, a donc estimé nécessaire d'étudier la question, et de rechercher un nouveau mode de répartition, répondant mieux aux conditions actuelles, et pouvant en même temps faciliter l'accession au Système métrique complet des États qui sont encore dans la période facultative.

II. Le système de répartition suivi jusqu'ici était fondé sur la double considération tout d'abord du chiffre de la population et ensuite du degré d'usage légal des mesures métriques dans chaque pays.

En ce qui concerne l'usage, on avait établi des coefficients, qui allaient de 1 à 3 selon que les États étaient simplement adhérents à la Convention, ou avaient introduit dans leur législation le Système métrique, soit facultatif, soit obligatoire. Cette idée, qui répondait très bien aux conditions de début de l'Institution, a facilité l'acceptation de la Convention par beaucoup d'États. A l'heure présente, 22 États font partie de la Convention, et presque tous ont déjà chez eux le Système métrique obligatoire, sauf la Grande-Bretagne, la Russie, les États-Unis et le Japon, qui du reste l'ont déjà facultatif; le Danemark étant resté simplement adhérent.

Le Comité, sur le rapport d'une Commission spéciale, chargée de l'examen approfondi de la question, a été unanimement d'avis de laisser tomber ce système de coefficients, qui ne répond plus aux conditions actuelles, et il a décidé de proposer aux Hauts Gouvernements une nouvelle règle de calcul, qui aurait pour avantage de donner à tous la même situation dans la Convention.

Quant au chiffre de la population, le Comité a reconnu que ce ne serait pas répondre à la réalité des choses que de maintenir les contributions strictement proportionnelles à la population des différents États.

En effet, certains services que le Bureau international est appelé à rendre, comme par exemple la vérification périodique des prototypes et des thermomètres, exigent le même travail pour les petits que pour les grands États.

Le Comité a donc estimé, tout en tenant compte des différences des populations, qu'on ne devait plus accorder à cette donnée l'importance sans limites qui lui a été attribuée jusqu'ici.

III. Après une longue discussion, dont on trouve le résumé dans les *Procès-Verbaux* de la session de 1903, le Comité est arrivé à formuler un projet complet pour un nouveau calcul de la répartition des contributions. Ce projet est fondé sur les principes suivants :

a. Suppression complète des coefficients qui se rapportaient à l'état légal du Système métrique dans les différents pays.

b. Établissement d'une limite inférieure au-dessous de laquelle les contributions ne pourraient pas descendre, et d'une limite supérieure qu'elles ne pourraient pas dépasser. Après avoir considéré toutes les données possibles, le Comité s'est arrêté unanimement aux chiffres de 500^{fr} comme minimum et de 15000^{fr} comme maximum, tout en laissant aux Hauts Gouvernements contractants le choix d'un maximum un peu supérieur, mais en leur demandant de ne pas aller au delà du chiffre de 18000^{fr}.

c. Entre les deux limites de ce minimum et de ce maximum, la contribution de chaque État serait calculée en proportion de la population réelle.

d. Le calcul serait fait de 6 ans en 6 ans, à l'époque de chaque Conférence générale; cette mesure est nécessaire pour maintenir aux contributions un certain caractère de stabilité. Cependant, le Tableau des Parts contributives serait modifié par les soins du Bureau du Comité, toutes les fois qu'un des États adhérents aurait laissé passer trois années sans faire ses versements, et aussi chaque fois qu'un nouvel État entrerait dans la Convention.

IV. Afin de montrer les différences de répartition, qui seraient les résultats du nouveau système comparativement à l'ancien, le Comité, en prenant pour exemple l'année 1902, a calculé le Tableau ci-dessous, dans lequel la première colonne indique la population existant à ce moment; la deuxième contient les chiffres qu'on obtient par la méthode actuellement en usage; la troisième donne les chiffres qui résulteraient du nouveau mode de répartition proposé, en prenant comme minimum la somme de 500^{fr} et comme maximum celle, recommandée par le Comité, de 15000^{fr}; dans la quatrième colonne se trouvent les résultats, obtenus également par le nouveau système, en laissant le minimum à 500^{fr}, mais en élevant le maximum à 18000^{fr}.

Tableau comparatif des deux systèmes de répartition pour l'année 1902.

ÉTATS contractants.	POPULATION en millions.	CONTRIBUTION actuelle.	NOUVEAU SYSTÈME	
			min. : 500 ^{fr} . max. : 15 000 ^{fr} .	min. : 500 ^{fr} . max. : 18 000 ^{fr} .
		fr	fr	fr
Allemagne.....	56,367	13214	11903	11326
États-Unis d'Amérique.....	76,305	11962	15000	15332
République Argentine.....	4,519	(1095)	954	908
Autriche.....	25,519	6020	5329	5128
Belgique.....	6,670	1564	1409	1340
Danemark.....	2,447	156	500	500
Espagne.....	18,089	4222	3820	3635
France.....	38,518	9079	8134	7739
Grande-Bretagne et Irlande..	41,455	6490	8754	8330
Hongrie.....	18,770	4378	3964	3771
Italie.....	31,668	7428	6687	6363
Japon.....	46,226	7193	9762	9288
Mexique.....	12,631	2971	2667	2538
Norvège.....	2,098	469	500	500
Pérou.....	4,560	(1095)	963	916
Portugal.....	5,050	1173	1066	1015
Roumanie.....	5,913	1407	1249	1138
Russie.....	126,368	19781	15000	18000
Serbie.....	2,414	547	510	500
Suède.....	5,063	1173	1069	1017
Suisse.....	3,315	782	700	666
(Vénézuéla).....	"	"	"	"
Sommes.....	533,965	100000	100000	100000

L'examen de ce Tableau montre très clairement les résultats qu'on obtient par les deux méthodes de calcul et les différences auxquelles on aboutit. Pour bien apprécier ces différences, prenons les chiffres obtenus par le système actuel et ceux du système particulièrement recommandé par le Comité, c'est-à-dire la deuxième et la troisième colonne. Par la nouvelle méthode, la contribution serait abaissée pour le plus grand nombre des États, c'est-à-dire ceux qui ont déjà le Système métrique obligatoire, et pour la Russie qui, bien qu'étant encore au régime simplement facultatif, est actuellement trop fortement chargée à cause de sa population.

Cette contribution serait, au contraire; un peu augmentée pour l'Angleterre, les États-Unis et le Japon, qui sont encore à la période facultative. Mais, en revanche, ces États n'auraient plus à subir aucune augmentation quand ils arriveraient au régime obligatoire; augmentation qui serait bien plus forte pour eux, si l'on continuait à appliquer la méthode actuelle dans le calcul des contributions. Il ne s'agirait donc, en réalité, pour ces pays, que d'une légère anticipation sur l'avenir, compensée largement par la pleine liberté, même financière, de leur régime futur à l'égard du Système métrique. En outre, il est à remarquer que les États-Unis arriveraient, si les propositions du Comité étaient adoptées, dès maintenant à leur maximum de 15000^{fr}, qui resterait constant quel que soit l'accroissement futur de leur population. Et, pour la Grande-Bretagne, ce même maximum ne serait jamais dépassé dans l'avenir, même si elle entrait dans le plein exercice du Système métrique avec toutes ses colonies.

Pour le Danemark, il y a une petite question à part. Ce pays, si distingué, est resté simplement adhérent à la Convention, et sa contribution n'était que du chiffre minimum de 150^{fr} à peu près. En vue précisément du Danemark, le Comité a particulièrement examiné si l'on ne pourrait pas abaisser encore le minimum général au-dessous de 500^{fr}; mais il a dû reconnaître qu'il en résulterait une influence fâcheuse sur l'ensemble de la répartition.

Nous nous permettons d'espérer que le Haut Gouvernement du Danemark voudra bien accepter cette augmentation, qui du reste serait pour lui définitive, même pour le moment où il voudrait suivre l'exemple de la Norvège et de la Suède, en introduisant le Système métrique obligatoire.

La dernière colonne du Tableau ci-dessus contient les valeurs des contributions, en supposant que le maximum serait porté à 18000^{fr}.

En les comparant avec celles de la colonne précédente, on constate que les différences avec l'ancien système s'accroissent beaucoup, en plus et en moins; de sorte que l'on aboutirait à demander trop à certains États et trop peu à l'ensemble des autres. C'est pourquoi, dans l'intérêt de l'œuvre commune, le Comité a été unanime à recommander, au choix des Hautes Parties contractantes, le chiffre de 15 000^{fr} comme maximum de la contribution possible d'un État. Cette mesure lui a semblé d'autant plus désirable qu'elle conserverait pour tout l'avenir, à l'Institution fondée par les États contractants, son caractère franchement international.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

Par cette Circulaire, nous nous permettons donc de demander aux Hauts Gouvernements de bien vouloir nous faire connaître leurs vues sur les principes de cette réforme, et nous avons le plaisir de vous informer que déjà un grand nombre d'États ont fait un accueil tout à fait favorable aux propositions du Comité.

Ces propositions ont été déjà acceptées, sans aucune réserve, dans des réponses officielles qui nous sont parvenues des Gouvernements de l'Allemagne, de l'Espagne, de la Grande-Bretagne et Irlande, de l'Italie, du Mexique, de la Roumanie, de la Russie et de la Suisse.

MM. VON LANG, DE BODOLA et ARNDTSEN prennent successivement la parole pour déclarer qu'ils sont autorisés à annoncer au Comité que leurs Gouvernements, savoir l'Autriche, la Hongrie et la Norvège, n'ont aucune objection à faire aux propositions du Comité.

M. HASSELBERG déclare qu'il attend aussi une réponse favorable de la Suède.

M. le SECRÉTAIRE, reprenant son exposé, ajoute que trois États, c'est-à-dire la France, le Danemark et les États-Unis,

tout en donnant leur adhésion, ont formulé quelques demandes. La France et le Danemark ont posé comme condition que la réforme serait acceptée par tous les États, sans exception. Cette condition était déjà entendue dans les propositions du Comité, puisque l'article 12 de la Convention est formel à cet égard. En outre, la France et les États-Unis demandent que l'ensemble des propositions fasse l'objet des délibérations de la prochaine Conférence générale, qui doit se réunir en 1907, et qu'il prenne la forme d'un nouvel article 20 du Règlement annexé à la Convention, qui sera substitué à l'ancien.

Nous attendons encore les réponses de six États, et ce fait n'a rien d'étonnant, si l'on songe aux grandes distances qui nous séparent de quelques-uns d'entre eux et à d'autres conditions spéciales. Mais nous pouvons, dès maintenant, exprimer le ferme espoir que la réforme sera unanimement acceptée. Et c'est avec cet espoir que nous prions le Comité de s'occuper, dans la présente session, de la rédaction du nouvel article 20, afin qu'elle puisse être soumise aux Hauts Gouvernements, en vue de la prochaine Conférence générale, pour leur demander s'ils n'ont pas des objections à faire touchant la forme du texte présenté. La tâche de la Conférence s'en trouvera ainsi notablement facilitée.

Comme il s'agit d'un texte à formuler d'une manière précise, M. BLASERNA est d'avis que tous les Membres du Comité, qui le désireraient, pourraient se réunir en Commission spéciale, chargée d'élaborer ce texte.

Cette proposition est adoptée, et M. le PRÉSIDENT fixe cette réunion spéciale à lundi 10 avril, à 10^h du matin.

M. le SECRÉTAIRE croit que le moment est venu de s'occuper d'une question importante pour l'avenir de notre Institution et pour l'expansion du Système métrique

dans le monde. Cette question concerne les rapports que les colonies pourraient vouloir entretenir avec le Bureau international. Celui-ci reçoit continuellement des demandes de travaux, souvent considérables, destinés à certaines colonies, qu'il est très difficile de refuser, et qui cependant finissent par absorber, dans certains moments, l'activité presque entière du personnel scientifique. Il est vrai que la Convention autorise le Comité à établir des taxes pour ces travaux, et par conséquent, à augmenter celles qui existent déjà. Mais, évidemment, on ne peut pas dépasser certaines limites, et l'on n'arrivera jamais à obtenir des rémunérations en proportion réelle avec la valeur des travaux accomplis. Il est donc devenu nécessaire d'envisager la situation des colonies par rapport à l'État métropolitain faisant partie de la Convention. Le Comité ne saurait avoir aucunement l'intention de s'immiscer dans ces rapports, qui sont tout à fait du domaine de l'organisation intérieure de chaque État. Dans ces conditions, M. Blaserna estime que la solution la plus simple et la plus naturelle pourrait bien être celle-ci : les États qui désireraient faire profiter l'une ou l'autre de leurs colonies des avantages de la Convention n'auraient qu'à demander l'adjonction du chiffre de la population de ces colonies à celui de leur propre population. On parviendrait ainsi à obtenir une échelle des contributions répondant, le mieux possible, à la somme des services demandés au Bureau international.

Il paraît donc indiqué, et même vraiment nécessaire, que des démarches soient faites auprès des Hauts Gouvernements contractants, pour attirer leur attention sur cette situation, et leur demander s'ils approuvent cette manière de voir. Dans ce cas, il y aurait lieu d'ajouter un paragraphe spécial, concernant cette question, au texte du nouvel article 20, qui est en préparation. La Commission spéciale, qui est chargée de la rédaction de ce nouvel article 20, pourrait également élaborer ce paragraphe supplémentaire.

M. FOERSTER fait remarquer qu'on pourrait se demander pourquoi, dès le début de l'Institution, on ne s'est pas occupé de ce qui a trait aux colonies. La raison s'en trouve dans le fait que c'est seulement dans ces derniers temps que les demandes de travaux pour les colonies ont été si nombreuses, que la nécessité d'une solution a fini par s'imposer. Il cite un certain nombre de cas qui se sont produits, et prie M. Benoît de donner au Comité un aperçu des demandes les plus importantes.

M. BENOÎT expose que, par exemple, beaucoup de demandes des Colonies françaises sont arrivées au Bureau par l'intermédiaire du Gouvernement français, demandes qui ont exigé un travail considérable. Le Bureau a aussi beaucoup travaillé pour la Commission géodésique du Cap. Il est même venu une demande de la Compagnie des Mines de l'Afrique australe, pour des travaux qui devaient aider à la formation d'un bureau local de vérification ; cette Compagnie a aussi demandé si elle pourrait entrer dans la Convention. Le Bureau a dû répondre qu'il ne pouvait être en rapport à cet égard qu'avec les Gouvernements contractants de la Convention.

M. GUILLAUME ajoute que des travaux ont été demandés par l'Égypte, par la colonie du Cap, par le Transvaal et même par la Hollande, qui s'est constamment refusée à faire partie de la Convention. Mais, conformément à une décision du Comité, le Bureau, après avoir fait un certain nombre de travaux pour l'Égypte, a été dans l'obligation de déclarer qu'il ne lui était pas possible de les continuer dans ces conditions. En conséquence de ce refus, il est arrivé que l'Égypte et la Hollande se sont décidées à se procurer, à grand prix, l'outillage nécessaire pour faire elles-mêmes la détermination de leurs étalons. Quant aux colonies du Cap et du Transvaal, elles ont engagé des pourparlers en vue d'accéder à la Convention.

M. D'ARRILLAGA fait remarquer que l'Espagne, dès le début de l'Institution, avait ajouté, dans ses déclarations, la population de ses colonies à celle de la mère-patrie. Il s'agissait là des colonies dans le vrai sens du mot. Mais tel n'est pas le cas de toutes les colonies; et en thèse générale cette question est très compliquée et doit être laissée aux Gouvernements, qui pourraient être appelés à la traiter même par voie diplomatique.

M. CHANEY donne lecture de la Note suivante :

J'ai étudié attentivement la question sur laquelle notre estimé Président a appelé mon attention, relativement à la représentation directe de l'Afrique du Sud, du Canada et de l'Australie auprès du Comité, ainsi que par rapport à une contribution directe de la part de ces Colonies anglaises aux fonds du Comité international.

Malgré les recherches effectuées auprès des sources officielles à Londres, il ne m'a pas été possible de vérifier si aucune proposition officielle a été reçue de la part du Canada, de l'Afrique du Sud ou de l'Australie, à l'égard d'une représentation autre que par l'intermédiaire d'un représentant de la Grande-Bretagne.

Il existe aussi des doutes sérieux sur la possibilité de motiver légalement une proposition de cette nature en raison même des stipulations de la Convention du Mètre.

Les colonies anglaises se procurent leurs prototypes métriques par l'intermédiaire de mon département, à moins que ce ne soit dans certains buts de science, lorsque des savants, habitant ces colonies, s'adressent, et cela avec juste raison, directement au Comité international à Paris.

Je ferai remarquer qu'en considérant la question relativement à son assentiment à l'augmentation, jusqu'au maximum de 15 000^{fr}, de la contribution versée par la Grande-Bretagne, mon Gouvernement a eu en vue le travail si noble du Comité pour les colonies.

Au Canada, le Système métrique a été largement adopté. Tous les bureaux principaux de poids et mesures ont été munis de prototypes sous ma surveillance, et près de 500 séries-échantillons de prototypes métriques ont été distribuées par les soins du Département des Revenus de l'État à Ottawa.

En Australie, en Nouvelle-Zélande et dans l'Afrique du Sud, Je

Système métrique est également employé, quoique moins généralement. Les prototypes métriques qui se trouvent en usage dans ces importantes colonies ont également été vérifiés à Londres.

Aucune loi n'a été votée, dans aucune des colonies, rendant le Système métrique exclusivement légal dans le commerce.

Quant aux Indes orientales, l'introduction même du Système dans ce vaste pays n'a fait que peu de progrès jusqu'à présent.

M. DE BODOLA estime que la question des colonies est très délicate en raison des modalités diverses qui les distinguent. Le Comité doit donc éviter tout ce qui pourrait laisser croire à une pensée d'ingérence de sa part dans les constitutions intérieures des pays. Peut-être serait-il indiqué de laisser aux Gouvernements l'initiative de ces démarches; et en tout cas le Comité doit déclarer qu'il ne peut pas traiter en dehors des Gouvernements qui font partie de la Convention.

M. FOERSTER fait remarquer qu'on ne peut pas fermer les yeux devant les faits qui se sont déjà produits. Le devoir du Comité est d'attirer sur eux l'attention des Gouvernements, et de chercher, d'accord avec eux, une formule qui règle la question et trace au Comité et au Bureau la voie à suivre régulièrement.

M. le SECRÉTAIRE, en résumant l'importante discussion qui a eu lieu, conclut qu'il lui paraît en résulter que le Comité doit être toujours et exclusivement le fidèle interprète des Gouvernements contractants. La Commission aurait donc à chercher une formule, conçue dans cet esprit, pour la soumettre à l'appréciation des Hauts Gouvernements, dont l'avis pourrait être ainsi connu assez à temps, pour que la prochaine Conférence générale soit en état d'en délibérer définitivement.

M. MASCART ajoute que, dans le même ordre d'idées, le Comité devra aussi se préoccuper de la revision des taxes

qui, dans l'état actuel, sont parfois trop au-dessous de la valeur des travaux demandés. En effet, ce droit est reconnu au Comité par la Convention elle-même.

M. le PRÉSIDENT fait remarquer que les taxes ne peuvent pas aller au delà d'une certaine limite; mais il reconnaît bien volontiers que cette question des taxes doit être combinée avec celle qui concerne les colonies.

La séance est levée à 11^h30^m, et la prochaine séance du Comité est fixée au mardi 10 avril, à 3^h, au Pavillon de Breteuil.



PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

Mardi 11 avril 1905.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA, EGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, VON LANG, MASCART.

MM. Chappuis et Guillaume, invités, assistent à la séance.

La séance est ouverte à 3^h.

M. le PRÉSIDENT communique un télégramme de **M. Chaney**, qui s'excuse de ne pouvoir assister à la séance. Il présente aussi les excuses de **M. Stratton**, qui a été obligé de quitter Paris.

M. le SECRÉTAIRE donne lecture du Procès-Verbal de la deuxième séance, qui est adopté.

M. le PRÉSIDENT rappelle que la première question à l'ordre du jour a trait à l'article 20 nouveau du règlement, et il donne la parole à **M. le Secrétaire**.

M. BLASERNA expose que la Commission spéciale, aux travaux de laquelle ont pris part presque tous les Membres du Comité, a élaboré une formule définitive pour ce qui concerne le nouveau mode de répartition des contributions. Elle a aussi adopté le texte à soumettre aux Hauts Gouvernements contractants, au sujet de l'adjonction pos-

sible des populations des colonies à celles de leur métropole. Il donne lecture de ce nouvel article 20 ainsi préparé.

D'autre part, M. BLASERNA annonce que la Commission s'est rendu compte de la nécessité de remanier complètement l'ancien article 6 du règlement, qui ne répond plus, en aucune façon, à la réalité des faits actuels. En effet, cet article fixait la dotation annuelle du Bureau, pour la première période de la confection et de la comparaison des prototypes, à 75 000^{fr.}, tout en autorisant le Comité à porter cette dotation jusqu'à 100 000^{fr.}; ce qu'on a été obligé de faire. Pour la période postérieure à la distribution des prototypes, la dotation devait être réduite à 50 000^{fr.}. Mais déjà la première Conférence générale, en 1889, a reconnu l'impossibilité d'assurer le bon fonctionnement du service avec une dotation aussi diminuée, et l'a portée au chiffre de 75 000^{fr.}. Depuis lors, les travaux du Bureau ont pris un développement si important et si continu, que la troisième Conférence a jugé indispensable le retour à l'ancienne dotation de 100 000^{fr.}.

Ce dernier chiffre est désormais devenu réglementaire, et c'est la principale raison pour laquelle la Commission propose au Comité, en ayant égard aux délibérations déjà prises par les Conférences générales, de substituer à l'ancien article 6 un nouveau texte, pour le mettre d'accord avec la situation réellement existante, créée par ces diverses décisions des Conférences générales.

M. le SECRÉTAIRE lit le nouveau texte projeté.

M. le PRÉSIDENT estime que, ces textes ayant besoin d'être soigneusement examinés, il serait utile d'en distribuer une copie aux membres du Comité, et de renvoyer à la prochaine séance le vote définitif, d'autant plus qu'il paraît indiqué de modifier aussi l'article 19, pour le rendre conforme aux décisions de la dernière Conférence générale.

Cette proposition est adoptée.

M. FOERSTER est d'avis que, si la prochaine Conférence générale accepte les propositions du Comité, concernant le régime des colonies, il y aura lieu, pour le Comité, de prendre aussi une décision concernant les taxes établies pour les travaux du Bureau. Si, par exemple, un État contractant faisait ajouter la population d'une de ses colonies à sa propre population, pour le calcul de sa part contributive, les travaux qu'il pourrait demander pour cette colonie jouiraient du même traitement que ceux exécutés pour l'État lui-même. Mais si, au contraire, ce même État demandait des travaux pour une colonie dont il n'aurait pas fait ajouter la population à la sienne propre, ces travaux seraient soumis au même régime de taxes que ceux des pays non contractants.

M. FOERSTER considère que cette mesure serait une conséquence logique des propositions que le Comité a décidé de présenter aux Gouvernements et à la prochaine Conférence générale. Il n'y a donc pas lieu de délibérer dès aujourd'hui sur ce sujet; mais il a cru utile de signaler cette conséquence naturelle des propositions du Comité.

M. MASCART ne voudrait pas que le Bureau pût se trouver dans la nécessité de refuser des travaux demandés par des institutions scientifiques ou des industries sérieuses. Il comprend qu'on puisse augmenter les taxes pour les mettre, autant que possible, en rapport avec l'importance du travail demandé. Mais les Universités, les laboratoires, les constructeurs d'instruments de précision doivent pouvoir compter sur le concours du Bureau.

M. BENOÎT répond que ce concours a toujours existé. Le Bureau se réserve seulement le droit d'examiner si un travail, qu'on demande, est à la hauteur de la précision pour laquelle le Bureau a été institué. Il est aussi évident que le Bureau doit s'arrêter devant certaines demandes,

qui dépasseraient les limites de temps ou de personnel qu'il peut consacrer à ces vérifications.

M. MASCART ajoute qu'il préférerait voir augmenter, même considérablement, les taxes, plutôt que de se trouver dans l'obligation de décliner certains travaux importants, comme on a dû le faire pour l'Égypte.

M. EGOROFF fait remarquer que, en augmentant les taxes, on pourrait arriver à augmenter aussi le personnel scientifique pouvant être destiné à ces travaux.

M. GAUTIER propose que le Bureau soit chargé de préparer une nouvelle étude des taxes, pour être soumise aux délibérations du Comité dans sa prochaine session, selon la compétence que lui donne l'article 15 du Règlement de la Convention.

M. DE BODOLA croit nécessaire, avant de quitter cette partie de l'ordre du jour, que le Comité expose le procédé à suivre dans le calcul des parts contributives de chaque État, après l'adoption du nouvel article 20, et il donne lecture du projet de rédaction suivant :

La réduction au maximum des parts qui, calculées proportionnellement à la population, dépasseraient ce maximum, amène nécessairement une certaine augmentation des parts des autres pays. Pour que cette augmentation soit équitablement répartie entre tous ces pays, le calcul se fait de la manière suivante :

On calcule d'abord les parts contributives de tous les États proportionnellement à leur population ; puis on réduit au *maximum* les parts qui en dépassent le chiffre. On retranche de la dotation totale la somme des maxima ainsi obtenus, et l'on répartit le reste entre les autres États, proportionnellement à leur population. Si, par cette nouvelle répartition, l'une ou l'autre des parts contributives dépasse la limite du maximum, on la ramène, elle aussi, à cette limite, et l'on refait le calcul précédent. On répète cette opération jusqu'à ce qu'il

ne se trouve plus de part contributive qui dépasse le chiffre du maximum.

On fait ensuite remonter au *minimum* les parts contributives qui, après les calculs précédents, sont encore au-dessous de ce minimum. On retranche de la dotation totale la somme des maxima et des minima ainsi obtenus, et l'on répartit le reste entre les autres États, proportionnellement à leur population. Si, par cette nouvelle répartition, quelqu'une des parts contributives descend au-dessous de la limite du minimum, on la fait remonter à cette limite, et l'on refait le calcul précédent. On répète cette opération jusqu'à ce qu'il ne se trouve plus de part contributive qui soit inférieure au minimum, et l'on obtient, par le dernier calcul, le Tableau définitif des parts contributives de tous les États.

Le Comité approuve la proposition de M. de Bodola, et adopte cette rédaction.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. D'ARRILLAGA, Président de la Commission des Comptes et des Finances, qui informe le Comité que la Commission est en état de présenter le premier et aussi le deuxième Rapport qu'elle avait la mission de préparer.

M. ARNDTSEN, Rapporteur, donne lecture du Rapport suivant :

Premier Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.

La Commission des Comptes et des Finances a examiné les détails des comptes et des livres du Bureau international des Poids et Mesures, pour les exercices de 1903 et 1904, et a trouvé qu'ils ont été tenus d'une manière très parfaite, claire et irréprochable.

En outre, ayant constaté que toutes les dépenses sont justifiées par des pièces à l'appui, la Commission propose, conséquemment, au Comité d'approuver les Comptes du Bureau pour les exercices des années 1903 et 1904, et d'en donner à M. le Directeur décharge pleine et entière.

Le Rapporteur,
A. ARNDTSEN.

Le Président,
F. DE P. ARRILLAGA.

Aucune observation n'étant présentée au sujet de ce Rapport, M. le PRÉSIDENT met aux voix les conclusions de la Commission, et le *Comité approuve, à l'unanimité, les comptes du Bureau international pour les exercices 1903 et 1904, et en donne décharge pleine et entière à M. le Directeur.*

A la demande de M. le PRÉSIDENT, M. ARNDTSEN donne lecture aussi du Rapport suivant :

Deuxième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.

La Commission approuve toutes les parties du Rapport de M. le Directeur, si clair et complet, et se permet, en outre, de recommander au Comité d'accepter les propositions suivantes :

1. Dans la dernière session, le Comité avait approuvé un crédit spécial pouvant aller jusqu'à 5000^{fr} pour continuer la revision et le perfectionnement de nos balances de premier ordre.

Par suite des difficultés rencontrées par M. Benoit, d'après son Rapport, la Commission propose de prolonger simplement le crédit de 5000^{fr} pour les balances, à inscrire éventuellement sur le Compte I.

En outre, la Commission propose de transcrire aussi les dépenses déjà causées par la revision de la balance Rueprecht n° 1 sur le Compte I, et d'en débarrasser le Compte III.

2. La Commission renouvelle dans le même ordre d'idées la recommandation, déjà exprimée dans le Rapport de la session précédente, de transcrire au Compte II les dépenses déjà faites ou encore à faire relativement aux questions de la masse du décimètre cube d'eau, et des longueurs d'ondes lumineuses.

3. Les toitures du bâtiment de l'Observatoire ont été, depuis plusieurs années, dans un état de plus en plus mauvais, de sorte que leurs réparations ont déjà été coûteuses.

Maintenant la situation est devenue tellement fâcheuse, qu'il est absolument inévitable de procéder à une reconstruction complète. Dans ce but, d'après les indications de M. le Directeur, et confor-

mément à un devis estimatif fait par l'architecte du Bureau, la Commission propose d'approuver un crédit extraordinaire, montant à 8500^{fr}, à inscrire sur le Compte III.

4. De même, les trottoirs entourant le même bâtiment sont dans un état défectueux, qui contribue sensiblement à augmenter l'humidité des murs. Il est donc indispensable de les renouveler.

Pour ce but, la Commission propose également, d'après devis estimatif, un crédit extraordinaire montant à 3000^{fr}, qui est également à prendre sur le Compte III.

5. Enfin, le caveau constituant le Dépôt des Prototypes métriques internationaux est toujours resté, en ce qui concerne les revêtements de ses parois et de son plafond, dans un état véritablement peu digne de la destination qui lui est assignée. Il est nécessaire de porter remède à l'aspect fâcheux qu'il présente à cet égard ; et, pour cette amélioration, la Commission propose encore un crédit extraordinaire, montant à 2000^{fr}, à inscrire sur le Compte III.

6. Quant aux budgets des frais annuels ordinaires pour les deux exercices suivants, la Commission se permet de soumettre au vote du Comité le projet ci-dessous, identique d'ailleurs à celui de l'année courante :

PROJET DE BUDGET POUR LES EXERCICES DE 1906 ET 1907 :

A. *Personnel* :

	fr	
1. Directeur.....	15 000	
2. Directeur adjoint.....	10 000	
3. Mécanicien.....	3 360	
4. Garçon de bureau.....	2 160	
5. Aides-calculateurs.....	10 000	
6. Personnel auxiliaire pour les études thermo- métriques.....	3 000	
7. Indemnités pour services et travaux extraor- dinaires.....	5 000	
	<hr/>	48 520 fr

B. *Indemnité du Secrétaire*.....

6 000

A reporter.....

54 520

Report

54 520^{fr}

C. *Frais généraux d'administration :*

1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier	6 000	fr
2. Achat et entretien des machines et instruments	9 000	
3. Frais d'atelier	800	
4. Frais de laboratoire et achat de glace	2 000	
5. Frais de chauffage	3 600	
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur	3 000	
7. Concession d'eau	150	
8. Prime d'assurance	350	
9. Frais de bureau	900	
10. Bibliothèque	1 000	
11. Frais d'impressions et de publications	9 000	
12. Frais de secrétariat	1 000	
13. Frais divers et imprévus	3 680	
14. Réserves	5 000	
	<hr/>	
		45 480
Total		100 000

Le Rapporteur,
A. ARNDTSEN.

Le Président,
F. DE P. ARRILLAGA.

M. le PRÉSIDENT donne quelques éclaircissements sur les motifs qui justifient les propositions de la Commission et met aux voix l'ensemble du Rapport, qui est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. von LANG, Président de la Commission des Instruments et Travaux, qui prie M. GAUTIER, Rapporteur, de donner connaissance du premier Rapport de cette Commission, prêt pour la délibération.

M. GAUTIER lit le Rapport suivant :

Rapport de la Commission des instruments et travaux.

PREMIÈRE PARTIE.

La Commission, composée de MM. de Bodola, Egoroff, Hasselberg, von Lang, Stratton et Gautier, s'est réunie, au complet, au Pavillon de Breteuil, le 6 avril. Elle s'est constituée en nommant M. von Lang président et M. Gautier rapporteur. Assistaient aussi à cette séance : M. Foerster, président du Comité, M. Mascart, M. Benoit, directeur du Bureau, et M. Guillaume, directeur-adjoint, invité par le Président. Dans cette séance, les délibérations de la Commission ont porté sur les questions suivantes, relatives aux travaux du Bureau :

1. *Kilogrammes prototypes.* — La Commission, après avoir entendu les explications complémentaires ajoutées par M. Benoit à la portion de son Rapport consacrée à la relation de son important travail sur la vérification des onze prototypes qui se sont trouvés disponibles pendant l'exercice écoulé, fait les propositions suivantes :

A. Faisant sienne une proposition de M. de Bodola, la Commission propose au Comité de doubler le nombre des kilogrammes témoins conservés dans le Dépôt des Prototypes internationaux, auprès du Kilogramme international. A cet effet, il y aurait lieu de conserver au Bureau deux des kilogrammes 7, 29, 32 et 41, qui restent encore disponibles, et qui n'ont servi jusqu'ici qu'à la vérification susmentionnée, exécutée par M. Benoit. Il y aurait lieu de charger M. le Directeur du Bureau de faire les démarches nécessaires dans ce but, et de procéder au remboursement des sommes avancées pour la construction de ces deux kilogrammes.

B. La Commission constate que le long et consciencieux travail, que vient de terminer M. Benoit, constitue l'achèvement de la première étape des vérifications votées par la troisième Conférence générale dans sa séance du 16 octobre 1901 (1). Pour la deuxième étape, comprenant la vérification des prototypes nationaux qui n'ont pas encore subi cette opération, la prochaine Conférence aura, d'après décision antérieure, à statuer sur le commencement de la

(1) *Comptes rendus de la troisième Conférence générale*, p. 28.

nouvelle détermination de l'ensemble des prototypes du Kilo-gramme. La Commission propose au Comité de faire, à l'occasion de l'invitation à la prochaine Conférence, une communication aux Gouvernements à ce sujet. On y rappellerait la décision prise par la troisième Conférence, et l'on informerait les Gouvernements que le Comité proposera, à la prochaine Conférence, de fixer une date précise pour le commencement de la vérification des prototypes nationaux, et que le Directeur du Bureau s'entendra avec les Administrations compétentes pour organiser des groupements appropriés pour la vérification des prototypes en séries fermées.

2. *Étalons de 10 grammes et de 100 grammes.* — La Commission prend acte de l'indication de M. le Directeur du Bureau, que la circulaire relative à cette question a été remplacée par une notification faite par M. Guillaume au 5^e Congrès international de Chimie appliquée réuni à Berlin, en 1903. La Commission propose au Comité de se borner à enregistrer ici, pour être porté ainsi à la connaissance du monde scientifique, que le Bureau international des Poids et Mesures est tout disposé à procéder aux vérifications qui lui seraient demandées, et à mettre les intéressés en relation avec les constructeurs de ces étalons de 10^g et de 100^g.

3. *Étalons de masse de deuxième ordre.* — Il résulte du Rapport, présenté à ce sujet à la Commission par M. Guillaume, que les nouveaux essais tentés pour produire des alliages de nickel et de chrome appropriés au but cherché n'ont pas encore donné de résultats favorables, malgré le zèle qu'y ont apporté les aciéristes d'Imphy. Il sera fait de nouvelles tentatives au moyen d'autres alliages, et le Bureau se tiendra toujours à l'affût des découvertes qui pourraient se produire, grâce aux constants progrès de la métallurgie.

4. *Masse du décimètre cube d'eau.* — Après avoir entendu le Chapitre du Rapport de M. Benoît consacré à cet important travail, qui a occupé le Bureau pendant une dizaine d'années, la Commission estime, avec lui, que l'ensemble de ces études pourra être considéré comme acquis dans un prochain avenir, lorsque M. Guillaume aura terminé les calculs relatifs à sa nouvelle détermination de la masse du décimètre cube d'eau par la méthode des contacts. La Commission propose au Comité d'exprimer sa parfaite satisfaction

à tous ceux qui ont pris part à ces travaux, pour la façon remarquable dont cette question a été traitée, et d'en enregistrer les résultats comme satisfaisant aux plus hautes exigences de la science actuelle.

La Commission remercie M. Guillaume de la communication qu'il a faite à ce sujet au 5^e Congrès de Chimie appliquée. Elle propose au Comité qu'après la clôture des recherches de M. Guillaume, M. Benoît soit chargé de rédiger un résumé général de toutes les études récentes relatives à la masse du décimètre cube d'eau. Cette rédaction serait publiée, si c'est possible, comme annexe aux *Procès-Verbaux* de cette session du Comité, et serait largement répandue dans le public scientifique.

5. *Valeur du Mètre en longueurs d'ondes.* — La Commission a entendu avec intérêt les communications de M. Benoît au sujet du travail projeté et préparé par lui en collaboration avec MM. Pérot et Fabry. Elle propose d'accepter la proposition de M. Benoît, de visiter l'installation des appareils destinés à cette étude dans les locaux de la Section de métrologie du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers.

6. *Appareils géodésiques.* — La Commission a examiné avec intérêt les nouvelles améliorations apportées par le Bureau, avec la collaboration de M. Carpentier, aux appareils servant à la mesure des bases par les fils d'invar. Elle remercie aussi le Bureau pour la communication qu'il a présentée, à la treizième Conférence géodésique internationale en août 1903.

7. *Échelle normale des températures.* — Le Mémoire qui devait être présenté au Congrès international de Chimie appliquée de Berlin a été rédigé par M. Guillaume, remplaçant M. Chappuis, empêché de se rendre au Congrès par la maladie. La Commission, après avoir pris connaissance de ce travail, remercie M. Guillaume et propose au Comité de joindre ce rapport, comme annexe, aux *Procès-Verbaux* de cette session, en priant l'auteur d'y faire quelques légères retouches et adjonctions.

Le Rapporteur :
R. GAUTIER.

Le Président :
LANG.

M. le PRÉSIDENT fait observer que la proposition de la Commission, au titre 1. A., demandant de doubler le

nombre des kilogrammes témoins conservés dans le dépôt des prototypes internationaux, représente une dépense et a besoin, par conséquent, d'un vote spécial.

M. le Rapporteur de la Commission des Comptes et des Finances appuie la proposition, qui est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT fait également observer qu'il y a aussi lieu à un vote séparé au sujet du titre 1. B., concernant l'invitation aux Gouvernements, afin de fixer les dates et les autres conditions pour la vérification réglementaire des prototypes nationaux.

Il met aux voix cette partie du Rapport qui est adoptée à l'unanimité.

L'ensemble du Rapport, mis aux voix, est également adopté à l'unanimité.

M. MASCART prend ensuite la parole pour rappeler l'attention sur la grande importance de quelques-uns des travaux achevés depuis la dernière session du Comité. Il a d'abord en vue le travail considérable de M. Benoît pour la vérification de 11 kilogrammes prototypes qui ont été disponibles. C'est un travail de premier ordre, qui mérite d'être signalé d'une façon tout à fait particulière. En outre, la dernière détermination, faite par M. Guillaume, de la masse du décimètre cube d'eau, est un beau couronnement d'un ensemble de recherches, dont les résultats étaient vivement désirés depuis un siècle, et poursuivis au Bureau depuis bien des années. Il constate que, dans cette détermination, on a atteint les plus hautes limites d'exactitude possible dans l'état actuel de la science. On doit signaler au monde savant cette suite de travaux, dans lesquels se sont distingués d'une façon si remarquable MM. Chappuis et Guillaume, du Bureau inter-

national, ainsi que le bien regretté Macé de Lépinay et son collaborateur M. Buisson, de la Faculté des Sciences de Marseille.

M. MASCART propose tout d'abord que le Comité exprime à l'égard de ces éminents savants sa plus haute approbation et ses plus vifs remerciements. La proposition est adoptée par acclamation, et le Comité décide que ce vote sera porté par une lettre spéciale à la connaissance de ceux de ces savants qui n'appartiennent pas au Bureau international.

En outre, M. Benoît, qui a eu une si large part dans la direction de ces travaux, est chargé de les résumer, dans un Rapport qui sera annexé aux Procès-Verbaux du Comité, et répandu dans le monde savant intéressé.

M. le PRÉSIDENT fixe la prochaine séance du Comité à jeudi, 13 avril, à 2 heures et demie, à Paris.

En levant la séance à 5 heures, M. le PRÉSIDENT invite MM. les membres du Comité à bien vouloir procéder à la visite réglementaire du Dépôt des prototypes.

Cette visite a lieu, et le Procès-Verbal suivant en est dressé :

Le 11 avril 1905, à 5^h de l'après-midi, en présence des Membres du Comité international 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, ainsi 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 Tonnelot à mercure et alcool, à maxima et minima :

Température actuelle.....	10,0 ^o
» maxima	12,5
» minima	9,0

Thermomètre bimétallique à maxima et minima :

Indications très sensiblement identiques.

Hygromètre à cheveu : 96 pour 100.

On a constaté que la pression de l'air, dans le tube de verre fermé contenant le témoin n° 13, était de 14^{mm} environ, c'est-à-dire qu'elle a très peu varié depuis la précédente visite.

Ces constatations faites, on a refermé le coffre-fort, ainsi que les portes du Caveau.

11 avril 1905.

Le Directeur du Bureau international,
RENÉ BENOÎT.



PROCÈS-VERBAL

DE LA QUATRIÈME SÉANCE,

Judi 13 avril 1905.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, EGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, VON LANG, MASCART.

MM. Chappuis et Guillaume, invités, assistent à la séance.

La séance est ouverte à 2 heures et demie.

M. le SECRÉTAIRE donne lecture du Procès-Verbal de la troisième séance, qui est adopté.

M. MASCART, à propos de la visite au Dépôt des prototypes, fait observer que, un déplacement des prototypes étant rendu indispensable par les travaux à exécuter dans le caveau inférieur, il va en résulter pour **M. le Directeur** une responsabilité, dont il juge nécessaire de le décharger. Le moyen serait de placer ces prototypes dans le coffre-fort de la chambre supérieure du dépôt. La clef du coffre-fort serait confiée à **M. Benoît**, et celle de la chambre serait remise à **M. le Directeur des Archives**. Un Procès-Verbal serait dressé de ce transport, signé par **M. le Directeur des Archives** et par **M. le Directeur du Bureau**.

La proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT rappelle que, dans la présente séance, le Comité aura à délibérer sur les modifications à apporter

au texte des articles 6 et 20 du Règlement de la Convention. Or, déjà dans la dernière séance, il a attiré l'attention du Comité sur le texte de l'article 19 du même Règlement, dont les dispositions ont été aussi modifiées par la troisième Conférence générale. Il y a donc lieu de le mettre, lui aussi, d'accord avec les décisions prises, qui ont été portées à la connaissance des Gouvernements dans le Rapport spécial du 21 novembre 1901.

M. le **SECRETARE** donne lecture du nouveau texte proposé, qui ne donne lieu à aucune observation et qui, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. le **SECRETARE** donne ensuite lecture des textes préparés par la Commission spéciale, pour les nouveaux articles 6 et 20 du Règlement.

M. le **PRÉSIDENT** met successivement aux voix les deux textes proposés, qui sont adoptés à l'unanimité.

M. le **SECRETARE** relit l'ensemble suivant des trois articles ainsi modifiés :

Les Articles 6, 19 et 20 du Règlement annexé à la Convention du Mètre sont remplacés par les Articles suivants :

ART. 6.

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

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

Dans le cas où le Comité jugerait nécessaire d'apporter une modification, soit à la dotation annuelle, soit au mode de calcul des contributions déterminé par l'Article 20 du présent Règlement, il devrait soumettre ce projet de modification aux Gouvernements, de façon à leur permettre de donner, en temps utile, les instructions

nécessaires à leurs délégués à la Conférence générale suivante, afin que celle-ci puisse délibérer valablement.

ART. 19.

Le Directeur du Bureau adressera, à chaque session, au Comité :

1° Un Rapport financier sur les comptes des exercices précédents, dont il lui sera, après vérification, donné décharge;

2° Un Rapport sur l'état du matériel;

3° Un Rapport général sur les travaux accomplis depuis la session précédente.

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

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

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

ART. 20.

L'échelle des contributions, dont il est question à l'Article 9 de la Convention, est établie sur la base de la dotation fixée à l'Article 6 du présent Règlement, et sur celle de la population; mais la contribution normale de chaque État ne peut pas être inférieure à 500^{fr}, ni supérieure à 15000^{fr}, quel que soit le chiffre de la population.

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

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

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

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

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

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

Cet ensemble, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT croit que le moment est venu de se préoccuper du programme de la prochaine Conférence générale et d'en fixer la date. En se conformant aux précédents, il a préparé une rédaction provisoire dont il donne lecture :

Projet de Programme de la prochaine Conférence générale.

1. Rapport du Président du Comité international.

2. Propositions du Comité concernant le nouveau mode de répartition des contributions annuelles et la modification des prescriptions du Règlement de la Convention sur ce point, avec les modifications déjà approuvées par les Gouvernements des Hautes Parties contractantes, à la suite de résolutions prises par les Conférences précédentes.

3. Présentation du Règlement, complété et modifié, du Bureau international pour les vérifications qui lui sont demandées, d'après les alinéas 5 et 6 de l'Article 6 de la Convention.

4. Décision concernant la vérification périodique des prototypes.

5. Communication à la Conférence, relative à l'état des travaux sur la masse du décimètre cube d'eau.

6. Nouvelles déterminations fondamentales exécutées depuis la dernière Conférence générale.

7. État de la législation des Poids et Mesures dans les différents pays qui ont adhéré à la Convention.

8. Discussion sur les mesures à provoquer ou à prendre pour la propagation ultérieure et le perfectionnement du Système métrique.

Le Comité approuve ce programme, tout en laissant à son bureau la faculté de le modifier ou de le compléter, selon les circonstances qui pourraient se présenter dans le cours des deux prochaines années. La Conférence se tiendra dans l'année 1907, et le bureau est chargé de décider, au moment voulu, si les réunions de la Conférence, précédées et suivies par celles du Comité, auront lieu en avril ou en octobre.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. von Lang, Président de la Commission des Instruments et Travaux, qui annonce que celle-ci est en état de présenter son dernier Rapport.

M. GAUTIER, Rapporteur, en donne lecture dans les termes suivants :

Rapport de la Commission des Instruments et Travaux.

DEUXIÈME PARTIE.

La Commission s'est réunie une deuxième fois le 12 avril, à Paris, sous la présidence de M. von Lang. Assistaient à cette séance : MM. de Bodola, Egoroff, Hasselberg et Gautier; puis M. Foerster, président du Comité, M. Arndtsen, M. Benoît, directeur du Bureau, et MM. Chappuis et Guillaume, invités par le Président.

Les délibérations de la Commission ont porté sur les publications, le programme du Bureau international, et sur quelques questions spéciales.

PUBLICATIONS.

Conformément à la liste présentée par M. Benoît, la Commission propose de composer le tome XIII des *Travaux et Mémoires* des Mémoires suivants :

Nouvelles études thermométriques, M. CHAPPUIS (imprimé).

Dilatation du mercure, M. CHAPPUIS (imprimé).

Dilatation de l'eau, M. CHAPPUIS (imprimé).

Sur les thermomètres à gaz et sur la réduction de leurs indications à l'échelle normale des températures, M. Daniel BERTHELOT (imprimé).

Méthode d'étalonnage des séries de poids, M. BENOÎT (rédigé).

Méthode d'étalonnage des règles divisées, M. GUILLAUME (en rédaction).

Suivant une décision antérieure, le Tome XIV des *Travaux et Mémoires* sera entièrement réservé aux Travaux relatifs à la masse du décimètre cube d'eau et comprendra les Mémoires suivants :

1. *Introduction historique*, M. GUILLAUME (rédigé).
2. *Détermination de la masse du décimètre cube d'eau (méthode des contacts)*, M. GUILLAUME (en rédaction).
3. *Idem (première méthode interférentielle)*, M. CHAPPUIS (rédigé).
4. *Idem (deuxième méthode interférentielle)*, MM. MACÉ DE LÉPINAY, BUISSON et BENOÎT (en rédaction).

La Commission propose, en outre, au Comité de publier, comme Annexes au volume des *Procès-Verbaux* de cette session, les travaux suivants : 1° la Note de M. Benoît sur les *Modifications de la législation française, relatives aux unités fondamentales du Système métrique*; 2° la Note de M. Guillaume sur *l'échelle thermométrique normale et les échelles pratiques pour la mesure des températures*; 3° si cela est possible, une Note de M. Benoît, donnant un premier aperçu des conclusions que l'on pourra tirer de l'ensemble des travaux récemment exécutés sur la masse du décimètre cube d'eau.

PROGRAMME DES TRAVAUX DU BUREAU.

D'accord avec M. Benoît, Directeur du Bureau, la Commission propose de fixer comme suit les points principaux du programme : Continuation de l'étude des appareils géodésiques.

Détermination nouvelle de la valeur du Mètre en longueurs d'ondes, en collaboration avec MM. Pérot et Fabry.

Rédaction et publication des Mémoires.

QUESTIONS DIVERSES.

1. *Aciers au nickel.* — M. Guillaume communique que les alliages possédant le même coefficient de dilatation que le verre sont entrés dans la pratique courante comme enveloppes des fioles de niveaux. En ce qui concerne les montures d'objectifs, les aciéries d'Imphy sont à la disposition des opticiens qui voudraient utiliser cet alliage afin d'éviter les variations de serrage des verres. On fabrique aussi actuellement à Imphy des aciers au nickel ayant le même coefficient de dilatation que l'acier, et qui s'oxydent beaucoup moins que celui-ci; ils servent avantageusement pour établir des règles-étalons employées dans le contrôle des pièces d'acier.

2. *Pas de vis métriques.* — Le Bureau international est entré en relation avec la maison Bariquand et Marre, qui a construit un grand nombre de types et d'étalons pour les pas de vis métriques. La Commission propose au Comité que le Bureau soit autorisé, pendant l'exercice prochain, à se procurer les types fondamentaux du nouveau Système international, et à étudier les meilleurs procédés de comparaison et de vérification de ces types.

3. Le Comité a reçu, par l'intermédiaire de M. Chaney, la Communication suivante de la Société pharmaceutique britannique :

MESURES PHARMACEUTIQUES.

Abréviation des termes.

Dans la préparation de médicaments et de drogues, on a trouvé en Angleterre le millilitre (ou centimètre cube) trop grand, et le microlitre trop petit, comparés à l'ancienne mesure de pharmacopée (1 *minim* = 0,059 millilitre). La Société pharmaceutique britannique (*British pharmaceutical Society*) vient de proposer que la dixième partie du millilitre soit reconnue sous l'appellation de

« Decimil »,

et la centième partie du millilitre sous l'appellation de

« Centimil »,

De cette manière, on obtiendrait des termes utiles pour la mesure métrique de capacité; et, quoique ces termes ne fussent pas nou-

veaux, comme on l'entend à l'étranger, ils le seraient en Angleterre. On surmonterait de cette manière également la difficulté à l'égard de l'emploi, en pharmacie, de *fractions du millilitre* (ou centimètre cube).

J'ai conféré à ce sujet avec le docteur D. Mac Alister, F. R. S., Président de la Pharmacopée britannique du Conseil général des Médecins du Royaume-Uni (*General medical Council of the United Kingdom*), qui est favorable à l'adoption générale des abréviations dont il a été question plus haut. Avant de les sanctionner officiellement, mon Département désirerait toutefois connaître l'opinion du Comité à ce sujet.

Il est également question de substituer l'abréviation

« Mil »

à l'appellation « millilitre ».

La Commission propose au Comité de répondre qu'il ne voit pas de danger, pour l'intégrité du Système métrique international, à ce que la terminologie proposée soit employée dans la Grande-Bretagne.

Dans un ordre d'idées analogue, la Commission estime qu'il serait extrêmement désirable que la valeur de l'unité de masse des pierres précieuses (le *carat*), laquelle est variable d'un pays à l'autre, fût uniformisée et ramenée à son équivalent métrique le plus voisin. La masse de 200 milligrammes, très rapprochée du carat le plus usuel (205^{mg},5), semblerait réaliser très heureusement cette unification. La Commission ne verrait pas d'inconvénient à ce que, pour faciliter l'abandon de l'ancien carat, cette masse de 200 milligrammes fût désignée par les intéressés sous le nom de *carat métrique*.

Enfin la Commission propose au Comité d'approuver l'emploi du *millième de micron* comme unité de mesure pour les longueurs d'ondes lumineuses, à l'exclusion de l'unité d'Angström (Tenth-meter), dix fois plus petite.

Le Rapporteur,
R. GAUTIER.

Le Président,
LANG.

Sur la question du carat, M. MASCART appuie la proposition de la Commission.

Il y a là deux questions à résoudre : d'abord, d'unifier

cette mesure qui varie sensiblement d'un pays à l'autre, et puis de la mettre dans un rapport assez simple avec le gramme ou le milligramme. Voici les valeurs du carat dans les différents pays :

	Milligrammes.
Alexandrie.....	191,7
Amsterdam.....	205,1
Arabie.....	254,6
Berlin.....	205,5
Bologne.....	188,5
Brésil.....	192,2
Constantinople.....	205,5
Espagne.....	199,9
France.....	205,0
Florence.....	196,5
Francfort.....	205,8
Hambourg.....	205,8
Indes orientales.....	205,5
Lisbonne.....	205,8
Londres.....	205,5
Moka.....	194,4
Madras.....	205,5
Turin.....	213,5
Venise.....	207,0
Vienne.....	206,1
Carat Perle.....	207,3

M. GAUTIER remercie M. Mascart de son appui, et fait remarquer qu'il s'agit précisément d'émettre un vœu, tendant à rendre uniforme la valeur du carat et de la mettre en rapport simple avec le Système métrique.

L'ensemble du Rapport, mis aux voix, est adopté.

M. le PRÉSIDENT fixe la dernière séance du Comité à samedi 15 avril, 3 heures, au Pavillon de Breteuil.

La séance est levée à 4 heures et demie.



PROCÈS-VERBAL

DE LA CINQUIÈME SÉANCE,

Samedi 15 avril 1905.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA, EGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, VON LANG, MASCART.

M. Chappuis et Guillaume, invités, assistent à la séance.

La séance est ouverte à 3 heures.

Le procès-verbal de la quatrième séance est lu et adopté.

M. le PRÉSIDENT désire qu'il soit fait mention, au procès-verbal, de la très intéressante visite faite par le Comité, le vendredi 14 avril, aux belles installations du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, où M. Chandèze, Directeur du Conservatoire, et M. Pérot, Directeur du Laboratoire, ont reçu le Comité avec la plus grande amabilité.

M. le PRÉSIDENT constate ensuite que le programme de la prochaine Conférence générale est dès maintenant fixé, au moins dans ses grandes lignes. Il demande à MM. Benoît et Guillaume s'ils n'ont rien à ajouter en ce qui regarde la vérification des thermomètres-étalons.

M. GUILLAUME donne lecture de la Note suivante :

A l'époque de la dernière Conférence générale, le nombre des thermomètres nationaux renvoyés au Bureau pour une revision du

calibrage était de dix-sept. Pour tous ces instruments, la vérification avait pu être limitée à une comparaison des deux sections de 50 degrés, l'une constituée par un tube cylindrique, l'autre contenant une ampoule soufflée sur la tige.

Quatre nouveaux thermomètres nous ont été envoyés et ont été calibrés de la même manière. Les variations apparentes de la correction du point 50 ont été trouvées de $-0,0001$, $-0,0003$, $+0,0014$ et $+0,0016$ degré. Ces résultats, ajoutés à ceux que nous possédions déjà, permettent de constituer le Tableau suivant des variations apparentes des corrections, sur l'ensemble des thermomètres soumis à la revision :

Variations comprises entre 0 et 1 millième.....	8
» 1 et 2 » 	6
» 2 et 3 » 	5
» 3 et 4 » 	1
» 4 et 5 » 	1

J'ai déjà fait remarquer que les plus fortes variations apparentes sont dues très probablement à des erreurs réelles du premier calibrage. Les nouveaux résultats confirment l'impression de stabilité des corrections que nous ont toujours donnée les thermomètres en verre dur.

M. le PRÉSIDENT en conclut que, dans ces conditions, il est indiqué de laisser aux Gouvernements et aux institutions privées la faculté de demander les vérifications, quand ils le croiront nécessaire, sans fixer de termes.

M. BENOÎT appuie cette opinion, d'autant plus que le transport des thermomètres offre toujours quelques dangers.

Cette manière de voir est adoptée.

M. le PRÉSIDENT fait remarquer ensuite qu'un point important du programme de la Conférence vise la question du perfectionnement et de la propagation du Système métrique. Il rappelle que, dans la dernière Conférence, on s'est activement occupé des filetages et des pas de vis.

M. BENOÎT informe à ce propos qu'il s'est déjà préoccupé de se procurer l'outillage nécessaire pour procéder aux vérifications éventuelles des pas de vis. Il s'est mis pour cela en rapport avec MM. Bariquand et Marre, qui ont étudié très soigneusement cette question. Il est probable que, d'ici à la prochaine Conférence, il sera en état de faire, à ce sujet, quelques communications.

M. le PRÉSIDENT informe le Comité que M. Stratton, avant son départ, l'a longuement entretenu d'une campagne menée dans ce moment en Grande-Bretagne et dans l'Amérique du Nord, contre l'adoption du Système métrique. Des opinions tout à fait erronées sont répandues par les personnes qui ont entrepris cette campagne, et les partisans du Système métrique auraient besoin d'avoir à leur disposition des publications, qui leur permettraient de réfuter ces assertions inexactes.

M. FOERSTER ajoute que M. Stratton s'est rendu à Berlin et à Hambourg, précisément dans le but de recueillir des documents dans un pays qui a introduit chez lui le Système métrique depuis un certain nombre d'années. Déjà la Société des Ingénieurs civils de Paris a publié un travail pour réfuter les opinions erronées qui se produisent un peu partout.

M. MASCART insiste vivement sur la nécessité de bonnes publications, rétablissant la vérité des faits. Il y aurait peut-être même lieu de songer à une brochure spéciale qui émanerait du Comité.

M. BENOÎT fait remarquer à cet égard que la Société des Ingénieurs civils s'est occupée de cette réfutation, sur la demande de la Chambre de Commerce américaine de Paris. Le Mémoire qui en est résulté a été traduit en anglais.

M. le PRÉSIDENT est d'avis qu'il serait utile de publier,

comme annexe à un Volume des *Procès-verbaux*, un résumé bibliographique des publications spéciales dans ce sens, ayant paru dans les différents pays.

M. GAUTIER mentionne à ce propos qu'il a eu l'occasion de faire un Rapport sur l'emploi du Système métrique dans les ateliers suisses d'horlogerie, dans lesquels on continue à se servir en partie des anciennes mesures.

M. GUILLAUME ajoute que, dans les écoles pratiques, on enseigne exclusivement le Système métrique; mais les vieux ouvriers ont quelque peine à changer leurs habitudes, et entraînent parfois les nouveaux venus à se servir de la ligne et du douzième de ligne. Cependant, les mesures métriques sont en progrès rapide dans les ateliers, grâce à l'énergie avec laquelle les chefs de plusieurs fabriques importantes, fortement appuyés par les Associations horlogères, poursuivent la réforme métrique. Les grandes maisons de fournitures d'horlogerie offrent les calibres métriques de préférence aux anciens, et, à partir du 1^{er} janvier 1906, les verres de montres seront tous numérotés en millimètres.

M. MASCART a été heureux, dans une visite qu'il a faite dans une école de Manchester, de constater que les cahiers d'exercices des élèves étaient entièrement établis sur la base des mesures métriques. Dans aucun de ces cahiers, il n'a trouvé mention ni d'une livre ni d'un pouce.

M. BENOÎT annonce qu'il vient d'attacher au Bureau un nouvel Aide, M. Pérard, ancien élève de l'École Polytechnique de Paris, qui entre dans le Bureau avec l'idée bien arrêtée de ne pas y faire un simple passage. Il estime qu'avec les trois Aides, maintenant à sa disposition, le Bureau sera en état de répondre à toutes les exigences.

Il ajoute qu'il n'est pas facile de trouver des Aides aptes pour le genre des travaux du Bureau. Les mesures de

haute précision exigent des facultés et des connaissances toutes spéciales, et il est aussi indispensable que le personnel scientifique reste attaché au Bureau d'une façon permanente.

M. BLASERNA constate que l'organisation permanente et forte du travail dans le Bureau constitue une question de première importance. Car il faut que le personnel soit toujours en état de suppléer au vide produit par une vacance ou une maladie. C'est pour cette raison qu'il faut un personnel convaincu de l'importance de ces travaux et qui y soit fortement attaché. Il est en outre nécessaire qu'il puisse prévoir une véritable carrière comme récompense de ses mérites.

Entre les fonctions de Directeur et de Directeur-adjoint d'une part, et celle d'Aide d'autre part, il y a un vide à combler, en rétablissant, le moment venu, le poste d'Adjoint au Bureau, qui a déjà existé.

M. le PRÉSIDENT constate que tout le Comité est parfaitement d'accord sur ce point important pour l'organisation du Bureau.

M. GUILLAUME présente au Comité un nouveau comparateur, construit par la Société genevoise, et destiné à la vérification des étalons à bouts employés dans l'industrie, qui se rend compte de plus en plus de la nécessité d'une grande précision. Le Bureau a été heureux de pouvoir donner des indications et des conseils à cette excellente Société.

M. DE BODOLA demande que le Comité émette un vote spécial de remerciements pour MM. Benoît et Guillaume, ainsi que pour leurs collaborateurs.

M. GAUTIER appuie cette proposition, et demande la permission, au nom de ses collègues, dont il est certain

d'être l'interprète, d'exprimer à MM. le Président et le Secrétaire leur gratitude pour la manière dont ils ont accompli leur mission de diriger et de conduire les travaux de la session.

M. D'ARRILLAGA s'associe à cette manifestation de sympathie.

M. le PRÉSIDENT remercie ses collègues de l'expression de ces sentiments, qui sont pour le bureau un nouvel encouragement à l'accomplissement de sa tâche. Il prie en même temps ses collègues de s'associer à lui pour remercier également les deux Rapporteurs des Commissions spéciales, MM. Arndtsen et Gautier, pour leur éminent concours, et M. DE BODOLA, qui a pris une si large part dans l'élaboration du nouveau mode de répartition des contributions.

En terminant, M. le PRÉSIDENT invite le Comité à renouveler, conformément à la proposition de M. de Bodola, ses remerciements bien sincères à tout le personnel du Bureau, pour l'activité si éclairée qu'il a continué à consacrer à l'œuvre internationale.

M. BLASERNA demande que le bureau soit autorisé, comme dans les sessions précédentes, à approuver le Procès-Verbal de cette cinquième séance. Cette proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT, constatant que l'ordre du jour est épuisé, déclare close la session de 1905; et la séance est levée à 5 heures.

Pour approbation des *Procès-verbaux*,
au nom du Comité :

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.



NOTE SUR LES COMPARAISONS RÉCENTES

DE

QUELQUES MÈTRES-ÉTALONS EN PLATINE IRIDIÉ (1);

Règles n° 13 et Type III. — La Règle n° 13 a été comparée, dans les huit positions relatives possibles, avec la Règle Type III du Bureau, comprise dans le second groupe de comparaisons des mètres prototypes, effectuées en 1892. Les nouvelles comparaisons, exécutées par M. Guillaume, en octobre 1903, ont donné les résultats suivants :

Températures.	Différences [13] — [T ₃].
16,785 ⁰	+1,47 ^μ
16,750	+1,62
16,786	+1,64
16,800	+1,80
16,701	+1,73
16,718	+1,64
16,731	+1,57
16,759	+1,66
Moy..... 16,754	+1,64

Les coefficients de dilatation de ces deux étalons étant donnés respectivement par les formules

$$[13]..... \alpha = (8,582 + 0,00170t) 10^{-6}$$

$$[T_3]..... \alpha = (8,583 + 0,00170t) 10^{-6},$$

on calcule, pour l'équation relative à 0° :

$$[13] - [T_3] = + 1^{\mu}, 66.$$

(1) Voir le procès-verbal de la séance du 5 avril 1905, p. 39 et 58.

Or les comparaisons de 1892 ont donné

$$[T_3]_0 = 1^m + 1^\mu, 52,$$

d'où l'on tire

$$[13]_0 = 1^m + 3^\mu, 18.$$

On constitue ainsi le Tableau suivant des valeurs trouvées à différentes époques pour la Règle n° 13 en partant des divers prototypes successivement en usage au Bureau :

Dates.	Observateurs.	Prototypes.	Valeurs de la Règle n° 13.
1881	Benoît	I ₂ , T ₁ , T ₂	1 ^m + 3 ^μ , 26
1884	Benoît	I ₂	+ 2, 81
1888	Boinot	I ₂	+ 2, 95
1889	Boinot et Isaachsen	I ₂ et A	+ 3, 30
1894	Benoît et Guillaume	n° 26	+ 3, 33
1903	Guillaume	T ₃	+ 3, 18

Les comparaisons effectuées en 1894 par MM. Benoît et Guillaume, entre les Règles T₃ et n° 13, avaient donné directement (1) :

$$[13] - T_3 = + 1^\mu, 94;$$

et, par la compensation du système complet de comparaisons des trois étalons n°s 13, 26 et T₃,

$$[13] - T_3 = + 1^\mu, 81.$$

L'écart, par rapport aux récentes comparaisons, n'est que de 0^μ, 15.

Règles nos 26, 27 et Type III. — L'étalon n° 27, appartenant au *Bureau of Standards*, de Washington, a été apporté au Bureau international par M. Louis-A. Fischer, en octobre 1903, et comparé aussitôt au Prototype n° 26 du Bureau; les observations ont été faites en double, par M. Fischer et par M. Maudet. Après un nettoyage des mouches de la Règle n° 27, les comparaisons ont été

(1) *Travaux et Mémoires*, t. XI : *Nouvelles déterminations etc.*, p. 13.

répétées intégralement, dans les huit positions relatives possibles des deux étalons. Des comparaisons semblables ont été faites ensuite entre les étalons n° 27 et T₃.

Les Tableaux ci-après résument ces opérations.

Observateur : M. FISCHER.

[27] — [26] (avant nettoyage)		[27] — [26] (après nettoyage)		[27] — [T ₃]	
Temp.	Diff.	Temp.	Diff.	Temp.	Diff.
⁰ 17,091	^μ -2,82	⁰ 17,022	^μ -2,62	⁰ 17,081	^μ -3,06
16,857	-2,51	17,063	-2,78	17,113	-3,30
16,937	-2,87	17,162	-2,71	17,143	-3,37
16,931	-2,85	17,146	-2,57	17,162	-2,81
16,981	-2,25	17,111	-2,78	17,056	-3,04
17,056	-2,31	17,155	-2,39	17,083	-2,94
17,007	-2,56	17,185	-2,82	17,119	-3,47
17,043	-2,72	17,082	-2,49	17,131	-3,11
Moy...	16,988 -2,61	17,116	-2,64	17,111	-3,14

Observateur : M. MAUDET.

16,753	-2,27	17,001	-2,88	16,931	-3,06
16,880	-2,85	17,097	-2,78	16,945	-3,34
16,921	-2,54	17,135	-3,04	16,409	-2,94
16,890	-2,20	17,060	-2,67	16,411	-3,06
17,014	-2,58	17,134	-2,65	17,035	-2,77
17,031	-2,43	17,165	-2,56	16,924	-2,69
16,965	-2,68	17,191	-2,89	16,922	-3,27
17,065	-2,54	17,072	-2,50	16,924	-3,42
Moy...	16,940 -2,51	17,107	-2,75	16,813	-3,07

Les dilatations des Règles n°s 26 et 27 sont données par les formules :

$$[26] \dots \dots \dots \alpha = (8,596 + 0,00170t)10^{-6},$$

$$[27] \dots \dots \dots \alpha = (8,606 + 0,00170t)10^{-6},$$

La différence moyenne entre les nombres déduits des deux groupes de comparaisons des Règles n^{os} 26 et 27 n'étant pas supérieure aux erreurs possibles des observations, on peut admettre que le nettoyage des mouches de la Règle n^o 27 n'a pas déplacé d'une quantité appréciable la position de l'axe des traits de cette règle; on peut donc prendre les moyennes de toutes les comparaisons de ces deux règles, par hasard identiques pour chacun des deux observateurs, et qui conduisent à la relation suivante, ramenée à 0° :

$$[27] - [26] = - 2\mu, 80.$$

On trouve de même

$$[27] - [T_3] = - 3\mu, 50.$$

Or l'équation de la Règle n^o 26 est

$$[26]_0 = 1^m + 0\mu, 80.$$

On a donc :

$$\begin{array}{ll} \text{d'après } [26] \dots\dots\dots & [27]_0 = 1^m - 2\mu, 00, \\ \text{» } [T_3] \dots\dots\dots & [27]_0 = 1^m - 1\mu, 98. \end{array}$$

La concordance entre ces deux résultats est trop parfaite pour n'être pas due en partie à un hasard heureux, ainsi qu'on peut s'en convaincre en comparant entre eux les nombres individuels d'où ils ont été déduits. Mais on peut au moins en conclure, en confirmation de plusieurs concordances obtenues en d'autres occasions, que les deux prototypes d'usage du Bureau fournissent, par rapport au Prototype international, une liaison identique, et qui ne s'est pas modifiée depuis les comparaisons de 1894.

L'équation admise en 1889, pour la Règle n^o 27, était

$$[27] = 1^m - 1\mu, 6.$$

Rapprochée de celle qui vient d'être établie, cette relation pourrait faire croire, à première vue, à un très petit changement de l'étalon n^o 27. Mais une telle conclusion est loin d'être certaine. D'une part, ni M. Fischer ni M. Maudet n'avaient participé aux premières comparaisons, et ils ont pu différer des premiers observateurs dans l'esti-

mation de la position des traits. D'autre part, l'examen des résultats individuels des comparaisons antérieures à 1889, desquelles a été déduite l'équation de l'étalon n° 27, montre qu'ils se partagent en deux groupes, dont le premier comprend six comparaisons faites au voisinage de 17°, et le second six autres effectuées entre 5° et 10°. Or, la valeur moyenne des erreurs résiduelles est négative dans le premier groupe, positive dans le second, la Règle n° 27 étant toujours prise avec le signe positif dans les différences. Les comparaisons semblent donc donner une valeur de la règle réduite à 0° plus faible aux températures élevées qu'aux températures basses, ce qui indiquerait une très petite erreur positive sur le coefficient de dilatation. La différence de 0^m, 4, qui confine déjà à la limite de la somme des erreurs possibles dans les comparaisons anciennes et récentes, serait ainsi diminuée encore par la réduction à 0° au moyen d'un coefficient de dilatation légèrement modifié dans le sens indiqué par les résultats de l'ensemble des comparaisons antérieures à 1889. La différence entre l'équation trouvée autrefois et celle qui résulte des comparaisons de 1903 ne permet donc pas de conclure à un changement réel de l'étalon n° 27.



ANNEXES

AUX

PROCÈS-VERBAUX DE 1905.

ANNEXE I.

MODIFICATION DE LA LÉGISLATION FRANÇAISE

RELATIVE AUX UNITÉS FONDAMENTALES DU SYSTÈME MÉTRIQUE ;

Par **M. J.-René BENOIT**,

DIRECTEUR DU BUREAU.

Depuis la dernière session du Comité international des Poids et Mesures, la question de la modification de la législation française, relative aux bases fondamentales des unités métriques, a enfin reçu une solution définitive. On se rappelle que le Président du Comité, Professeur Foerster, avait, en octobre 1900, attiré l'attention de M. Delcassé, Ministre des Affaires étrangères, sur l'anomalie que constituait la conservation, pour la France, de l'ancienne législation, datant de la fin du xviii^e siècle, alors que presque tous les Gouvernements ayant adhéré à la Convention du Mètre et reçu les nouveaux prototypes avaient déjà pris les dispositions pour donner chez eux la consécration légale à ces prototypes, en se mettant ainsi d'accord avec l'esprit de la Convention et avec les décisions de la Conférence générale de 1889. M. Delcassé signala à son tour cette situation à son collègue M. Millerand, Ministre du Commerce, qui porta la question devant la *Commission de Métrologie usuelle du Bureau national des Poids et Mesures*, puis, à la suite d'un rapport présenté à cette Commission, devant le *Bureau national* lui-même.

A la suite des discussions qui eurent lieu, sur ce sujet, dans les séances du Bureau national des 10 et 17 juillet 1901, celui-ci adopta les résolutions suivantes :

« Vu la loi du 18 germinal an III ;

- » Vu la loi du 19 frimaire an VIII;
- » Vu la loi du 4 juillet 1837;
- » Vu les procès-verbaux de la Conférence diplomatique de 1875 et la Convention du Mètre du 20 mai 1875;
- » Vu les procès-verbaux de la Conférence générale des Poids et Mesures de 1889;

» Vu le procès-verbal de la séance tenue le 1^{er} février 1890 par la Section française de la Commission internationale du Mètre, et constatant la remise à M. le Directeur des Archives nationales du Mètre prototype n° 8 et du Kilogramme prototype n° 35, et des thermomètres-étalons n^{os} 4337 et 4338;

» Considérant :

» 1^o Que la Commission internationale du Mètre, dans les sessions du 8 août 1870 et du 24 septembre 1872, a pris la résolution de construire un Mètre international et un Kilogramme international, qui seraient déduits des étalons déposés aux Archives;

» 2^o Que la Conférence diplomatique du 20 mai 1875 a consacré la substitution en principe de prototypes internationaux aux prototypes des Archives comme unités fondamentales des Poids et Mesures;

» 3^o Que la Conférence générale de 1889 a adopté, avec l'assentiment des représentants de la France, les prototypes du Mètre et du Kilogramme choisis par le Comité international;

» 4^o Qu'il résulte, d'ailleurs, des études faites par la Commission française que ces prototypes reproduisent, d'une manière aussi exacte qu'il a été possible de l'établir, avec les meilleures méthodes scientifiques, les étalons des Archives;

» 5^o Que les nouveaux prototypes, par la nature du métal et le mode de construction, se prêtent mieux aux comparaisons, et présentent plus de garanties d'inaltérabilité;

» Adopte :

» Le Bureau national, consulté sur la question de savoir s'il est nécessaire de faire prendre une loi ou de prendre

un décret, afin de consacrer comme étalons nationaux les prototypes adoptés par la Conférence générale des Poids et Mesures en 1889, est d'avis qu'il y a lieu de présenter au Parlement un projet de loi, destiné à consacrer :

» 1^o Comme bases du Système métrique, le Mètre international et le Kilogramme international sanctionnés par la Conférence générale des Poids et Mesures réunie à Paris en septembre 1889, et qui sont conservés au Bureau international des Poids et Mesures, au Pavillon de Breteuil (Sèvres);

» 2^o Comme étalons légaux, pour la France, les copies des Prototypes internationaux déposées aux Archives nationales (Mètre n^o 8, Kilogramme n^o 35).

» Il a ensuite émis le vœu que les anciens prototypes déposés aux Archives nationales fussent conservés avec le plus grand soin, et ne fussent, sous aucun prétexte, employés à des comparaisons nouvelles. »

En même temps, le Bureau national chargeait M. R. Benoît de lui présenter un Rapport définitif sur la question, et communiquait les résolutions précédentes à M. le Ministre du Commerce, par une lettre du 18 juillet 1901, signée de M. Cornu, Président. A la fin de cette lettre était en outre exprimé le vœu que les propositions adoptées par le Bureau national fussent portées, avant la réunion de la 3^e Conférence générale qui devait s'ouvrir au mois d'octobre suivant, à la connaissance du Président du Comité international des Poids et Mesures.

C'est ce qui fut fait; et, dans la 3^e séance de la Conférence générale, tenue au Pavillon de Breteuil, le 18 octobre 1901, M. le Ministre du Commerce, qui présidait cette séance, annonça l'intention de donner satisfaction aux vœux exprimés ci-dessus, en prononçant les paroles suivantes :

« 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. »

Cette assurance permettait d'espérer que la réforme regardée comme nécessaire, et souhaitée par le Comité international, approchait de sa réalisation. A ce moment, cependant, se produisit un temps d'arrêt, provoqué par diverses causes, en particulier par la mort imprévue de M. Cornu. Ce n'est qu'en mars 1903 que le Bureau national reprit ses séances, sous la présidence de M. Mascart, et que put être présenté et discuté le Rapport de M. Benoît. Nous donnerons ici un résumé et quelques extraits de ce document, où se trouvaient exposées en détail les raisons qui militaient en faveur de la réforme, et qui a servi de base aux propositions finales du Bureau national, ainsi qu'aux nouvelles dispositions législatives adoptées par les pouvoirs publics en France.

L'auteur rappelait d'abord que, aux termes de la loi du 19 frimaire an VIII, confirmée par celle du 4 juillet 1837, et encore actuellement en vigueur, le système de Poids et Mesures, en France, avait encore pour bases les étalons (Mètre et Kilogramme en platine) qui furent construits à la fin du XVIII^e siècle, et déposés aux Archives nationales. Pendant trois quarts de siècle, en effet, les étalons des Archives ont joué ce rôle, c'est-à-dire qu'ils ont défini les unités fondamentales du Système métrique, et fixé, plus ou moins directement, par des comparaisons auxquelles ils ont servi de point de départ, les valeurs des étalons dérivés qui doivent être employés dans les applications de toute nature.

Dans l'intervalle, cependant, deux faits de la plus haute importance se sont produits, qui modifient profondément

les conditions dans lesquelles on se trouvait il y a un siècle, et qu'il est impossible de ne pas prendre en considération. Le premier est le prodigieux développement, le progrès sans précédent, qui, dans cette période, ont marqué la marche de la science et de l'industrie humaines, dans toutes leurs branches; le second est l'extension progressive du Système métrique hors de France, l'acceptation plus ou moins complète de ce système par un grand nombre de nations étrangères, et l'entente internationale qui s'est finalement traduite par l'organisation du Service international des Poids et Mesures, tel qu'il existe aujourd'hui.

En ce qui concerne le premier point, on peut aisément montrer, par un certain nombre de citations empruntées à l'Ouvrage de Delambre intitulé *Base du Système métrique décimal*, que, à la fin du xviii^e siècle, des grandeurs de l'ordre du centième de millimètre à peu près étaient considérées comme complètement négligeables et à peine accessibles aux observations, même dans les recherches scientifiques les plus précises. Dans le domaine des pesées, une exactitude de un milligramme sur un kilogramme paraissait très satisfaisante, et, dans la définition des petits poids, on ne songeait pas à aller au delà du demi-milligramme. Mais, depuis cette époque, les exigences, dans les mesures scientifiques, ont été continuellement en croissant; les méthodes et les appareils d'observation se sont transformés et ont subi de nombreux perfectionnements; les limites de la précision ont été considérablement reculées. Aujourd'hui la métrologie permet de garantir, dans la détermination d'un étalon de longueur, une approximation de deux ou trois dix-millièmes de millimètre, et même un peu au delà dans certaines conditions; dans la détermination d'une masse, une approximation du centième de milligramme sur un kilogramme, de quelques millièmes de milligramme sur des pièces plus petites. Toutefois, pour arriver à de tels résultats, il a été

nécessaire de modifier et de perfectionner, en même temps que les procédés d'observation, les étalons eux-mêmes soumis à ces observations. « Aussi, pourrait-on dire qu'il s'est établi, entre l'étalon destiné à représenter l'unité ainsi que ses subdivisions et ses multiples, et l'instrument destiné à l'observer, une sorte de lutte, jusqu'à un certain point comparable à celle qui, dans un autre ordre d'idées, se produit entre le canon et la cuirasse. A mesure que l'instrument augmentait sa délicatesse, sa pénétration, sa puissance, l'étalon devait, par une marche parallèle, se perfectionner, changer sa forme et aussi ses dispositions, de manière à faire disparaître certaines causes d'erreurs ou d'incertitudes encore négligées, de manière à permettre une définition plus rigoureuse, plus dégagée des conditions extérieures, de l'influence des procédés d'expérimentation qu'on lui applique, de l'influence même de la personnalité de l'observateur qui en fait usage. C'est ainsi qu'on a vu, pour ne parler ici que des étalons de dimension, se substituer aux règles plates, minces, flexibles et fragiles, autrefois usitées, des barres rigides, indéformables, dans lesquelles la matière qui les constitue est utilisée au mieux pour la résistance et l'invariabilité. Dans l'étalon à bouts, où la longueur est définie par la distance des deux surfaces terminales, on s'est efforcé, en mettant en œuvre des moyens de construction et de contrôle de plus en plus perfectionnés, de réaliser aussi bien que possible la planimétrie et le parallélisme de ces surfaces : deux conditions extrêmement difficiles à satisfaire, et en dehors desquelles la définition de la longueur reste évidemment flottante entre des limites plus ou moins étendues. Dans d'autres cas, on a remplacé ces surfaces planes terminales par des calottes sphériques, la longueur étant alors définie par une disposition qui ne prête pas à la même critique. Dans toutes les applications où il s'agissait d'atteindre le plus haut degré d'exactitude, à l'étalon à bouts s'est substitué, depuis longtemps déjà, l'étalon à traits, qui est mieux adapté, en général, à l'ex-

périmentation scientifique; qui, bien construit, est susceptible d'une définition extrêmement précise, et dont l'emploi ne comporte que des procédés d'observation purement optiques, incapables de produire sur lui la plus légère altération. On a imaginé de placer le tracé sur le plan des fibres *neutres* ou *invariables*, mis à découvert, ce qui rend la longueur indépendante du mode de support. Les tracés eux-mêmes, les surfaces qui les portent, ont aussi été l'objet d'études nombreuses, conduisant à de très notables améliorations. »

Le Rapport montrait ensuite comment les anciens prototypes des Archives de France, construits pour répondre à la précision qu'on recherchait à cette époque, et satisfaisant alors à leur objet d'une manière parfaite, ne pouvaient plus être considérés aujourd'hui comme répondant à notre conception de ce que doit être un étalon de premier ordre, conception que la Commission internationale s'est efforcée de réaliser le mieux possible dans les nouveaux prototypes internationaux et nationaux, en mettant à profit l'expérience acquise pendant près d'un siècle. Les conditions essentielles que doivent réunir les prototypes fondamentaux, appelés à fixer les valeurs de tous les autres et à donner, dans tous les domaines, les bases exactes de toute mesure, peuvent se ramener à deux ordres d'idées : premièrement l'inaltérabilité, l'invariabilité avec le temps ; deuxièmement des dispositions propres à assurer, dans la définition de ces prototypes, et à permettre, dans les déterminations auxquelles ils doivent servir de point de départ, la plus haute précision réalisable, de manière à satisfaire aux plus sévères exigences de la science et des arts techniques.

« Le Mètre des Archives est en platine, tel qu'on savait le préparer il y a cent ans, c'est-à-dire obtenu en comprimant la mousse précipitée de ses dissolutions; il est certain qu'une telle matière ne présente pas les garanties d'homogénéité, de compacité, de dureté, qu'on peut

demander à un métal ou à un alliage fondu. Ce mètre est une barre plate, mince, très flexible, aisément déformable, et qu'on ne manie jamais sans appréhension. C'est un mètre à bouts, définissant sa longueur par la distance des deux surfaces extrêmes, qui ne sont ni exactement planes, ni exactement parallèles. Ces surfaces portent, sous forme d'empreintes bien visibles, les traces des contacts qu'elles ont supportés dans les rares comparaisons auxquelles il a été employé; ces traces témoignent de la médiocre dureté de la matière, et justifient les craintes qu'inspirerait la conservation de l'unité, si ce mètre devait être soumis à des expériences répétées.

» Le Mètre prototype international a été fait en un alliage de platine et d'iridium, fondu, contenant 10 pour 100 d'iridium; alliage qui est dense, dur, compact, présentant un coefficient d'élasticité très élevé, un coefficient de dilatation faible, et qui a été soumis, avant son adoption définitive, à des épreuves extrêmement rigoureuses de diverses natures. Ce prototype est constitué par une très forte règle, à section dite en X, section calculée de manière que, en n'augmentant que de moitié environ le poids de la règle, c'est-à-dire la quantité de matière employée, elle donne à celle-ci une résistance trente-neuf fois supérieure à celle du Mètre des Archives, et par conséquent la garantit presque absolument contre toute déformation accidentelle. Le Prototype international est un mètre à traits; sa longueur est définie par la distance des axes de deux traits, fins et nets, qui ont été tracés au diamant sur une portion de surface polie spéculairement, et comprise dans le plan des fibres neutres, qui est à découvert dans toute la longueur de la règle.

» C'est la distance de ces traits que l'on s'est efforcé de faire aussi égale que possible à la distance des surfaces terminales du Mètre des Archives, les deux règles étant l'une et l'autre à la température de 0°. On est parvenu, par des artifices de construction et d'observation particuliers, à résoudre ce très difficile problème, dans les limites

d'approximation des comparaisons les plus précises que l'on ait pu faire entre ces deux longueurs. On a donc pu dire que le nouveau prototype est une reproduction exacte de l'ancien mètre, et qu'on a conservé l'unité sans variation, ainsi qu'on se l'était proposé. Cela signifie-t-il que ces deux étalons sont équivalents, et également aptes à remplir le même rôle ?

» Non assurément. Ils sont identiques l'un à l'autre, dans ce qui leur est commun, dans ce qui est réellement mesurable dans l'un et dans l'autre. Mais le nouvel étalon permet d'aller plus loin, de mesurer avec sûreté des fractions que l'autre laisse et laissera toujours complètement incertaines, par sa nature même, par son mode de construction, par les procédés d'observation qui lui sont applicables. L'unité est restée la même; mais le Prototype international en définit la valeur avec une approximation notablement supérieure; on peut dire que, en passant de l'ancien étalon au nouveau, on a gagné une décimale. Il est donc aisé de comprendre dans quelle confusion tombaient quelques opposants qui, au début de l'œuvre de la Commission du Mètre, et n'en saisissant pas le sens et la portée, pensaient enfermer leurs adversaires dans ce dilemme, en apparence irréfutable : « Le Mètre des » Archives est ou bon ou mauvais; s'il est bon, il ne faut » pas le remplacer; s'il est mauvais, il ne faut pas le « copier. »

» En ce qui concerne le kilogramme, on a conservé la forme de l'ancien étalon, celle d'un cylindre ayant une hauteur égale au diamètre de sa base. Mais le Kilogramme des Archives avait été construit, comme le Mètre, en mousse de platine comprimée. Ici encore la médiocre dureté de cette matière, et, en plus, sa porosité probable, constituent de sérieux défauts. De tout temps, on a considéré cette dernière propriété comme assez à craindre pour que l'on n'ait jamais osé faire une détermination directe de la densité, et, par suite, du volume de cet étalon, par pesée hydrostatique. Le volume a été, soit mesuré par une

méthode stéréométrique, soit déduit de mesures linéaires, procédés relativement peu précis, le dernier surtout quand il est appliqué à un corps qui n'a pas une figure géométrique parfaitement régulière. Or la connaissance du volume est l'un des éléments indispensables des pesées de précision. De ce fait il résulte, dans la valeur même de l'unité que définit le Kilogramme des Archives, un degré d'incertitude qu'il est difficile d'apprécier. Le Kilogramme international, construit en platine iridié à 10 pour 100 d'iridium, a été pesé dans l'eau, et son volume est connu avec une exactitude parfaite. »

La création de nouveaux prototypes métriques, beaucoup plus parfaits que les anciens, devait avoir des conséquences qui étaient tellement naturelles, on pourrait presque dire tellement forcées, qu'elles n'ont pas attendu la modification de la loi pour se produire. En effet, dès que ces prototypes ont existé, la force des choses a amené immédiatement les grands Services publics ou les Établissements de France, dans les attributions desquels entrent des mesures exactes à exécuter (Service géographique, Service du Nivellement, Section technique de l'Artillerie, Observatoire, Conservatoire des Arts et Métiers, Laboratoires d'Universités, Ateliers de construction de machines et instruments, etc.), à s'adresser au Bureau international pour faire vérifier, avec la précision dont ils avaient besoin, leurs étalons principaux, anciens ou nouveaux, par comparaison avec les nouveaux prototypes. Ainsi, on pourrait dire que la substitution des prototypes internationaux aux anciens étalons des Archives était déjà accomplie en fait, pour toutes les applications exigeant de la précision, longtemps avant d'avoir été inscrite dans la loi.

Le second ordre de raisons qui était à invoquer en faveur de la réforme proposée était tiré du rôle que la France a joué dans l'importante évolution qui s'est produite pendant le dernier tiers du xix^e siècle dans l'histoire du Système

métrique, et de la part prépondérante qu'elle a prise à l'ensemble des événements qui ont amené l'état de choses actuel. C'est, en effet, le Gouvernement français qui, en 1869, a pris l'initiative de la convocation d'une Commission, composée de savants de tous les pays, et chargée de préparer la création des nouveaux prototypes. Un peu plus tard, en 1875, il réunissait à Paris une Conférence diplomatique, qui complétait et précisait l'entente internationale, en fondant le Bureau international des Poids et Mesures, auquel devaient être confiées, pour le compte de tous les États contractants, les études et les déterminations de haute métrologie. Enfin lorsque, en 1889, fut achevée l'œuvre, à laquelle les savants les plus éminents de notre pays avaient pris la part la plus importante, la France en a sanctionné les résultats, par la voix de ses délégués à la première Conférence générale. Ainsi, dans ses relations internationales, la France est liée par son adhésion à la Convention du 20 mai 1875, et par les votes de ses représentants à la Conférence générale de 1889, qui ont, en son nom, sanctionné, comme ceux des autres pays, l'œuvre de la Commission du Mètre et du Comité international, et reconnu par cela même comme étalons fondamentaux du Système métrique, devenu universel, les nouveaux prototypes déposés au Pavillon de Breteuil.

Cette extension de l'œuvre des savants français du XVIII^e siècle en était d'ailleurs la continuation naturelle, et entièrement conforme à leurs vues et à leurs désirs. Dans un court historique, le Rapport rappelait comment les promoteurs du Système métrique, préoccupés, dès le début, de faire une œuvre internationale et universelle, avaient, en effet, fait appel au concours des savants étrangers, et comment, malgré l'état troublé de l'Europe à cette époque, un certain nombre de délégués des pays alliés ou amis vinrent contribuer à fixer authentiquement et solennellement les unités du nouveau système. A trois quarts de siècle de distance, les savants les plus qualifiés de tous les pays sont encore venus apporter aux savants français

leur collaboration dans la nouvelle phase de l'œuvre commune, qui ne pouvait être menée à bien, avec son caractère de généralité et de grandeur, que par l'institution d'une organisation internationale des Poids et Mesures, telle que celle qu'a établie la Convention du Mètre. Mais il convient d'ajouter que, cette fois comme la première, ce sont les savants et les artistes français qui ont assumé la tâche, et auxquels, pour la plus grande part, revient l'honneur de la création des nouveaux prototypes. On sait, en effet, qu'après la signature de la Convention la Section française de la Commission du Mètre resta chargée de la construction de ces prototypes; et c'était évidemment pour la France une raison de plus de donner à cette œuvre la consécration officielle définitive qui lui était demandée.

Après avoir rappelé enfin que le Bureau international des Poids et Mesures, qui a la garde des Prototypes métriques internationaux, a été établi en France, le Rapport formulait ses conclusions par les lignes suivantes :

« Notre conclusion est donc formelle : la loi française doit être modifiée, et les Prototypes internationaux reconnus par elle comme représentant les bases fondamentales de nos mesures. Elle doit être modifiée, parce que la France a pris, à cet égard, vis-à-vis des autres nations, des engagements qu'elle ne saurait protester; parce que, après avoir été elle-même la promotrice de l'évolution dernière qui s'est produite dans l'histoire du Système métrique, après avoir fait tous ses efforts pour la faire aboutir, après y avoir employé ses savants et ses artistes les plus éminents, après y avoir joué un rôle prépondérant, elle ne saurait, aujourd'hui que l'œuvre est faite et reconnue du monde entier, la répudier et rester seule en dehors du consensus universel qu'elle-même a désiré et provoqué. La loi doit être modifiée aussi, parce que les anciens étalons des Archives ne suffisent plus aujourd'hui à définir nos unités avec le degré de précision qu'exige, après un siècle de perfectionnements et de progrès incessants,

l'état actuel de notre science, de nos arts techniques et de notre industrie; parce que cette insuffisance est tellement manifeste que, en réalité, la réforme que nous demandons dans la loi se trouve déjà accomplie en fait, par la force inéluctable des choses, depuis près de vingt ans; parce que la modification de la loi ne fera que donner une sanction officielle à une situation déjà existante, et qui ne pourrait être supprimée, par un retour en arrière — à supposer que ce fût possible, — qu'en mettant notre pays dans un état fâcheux d'infériorité vis-à-vis des autres.

» La loi devra, en même temps qu'elle reconnaîtra les Prototypes internationaux comme étalons fondamentaux du Système métrique, désigner les étalons dérivés qui, pour la France, représenteront désormais ces Prototypes, et deviendront ses étalons principaux ou ses prototypes nationaux. Ces étalons doivent être forcément pris parmi les prototypes nationaux, de construction identique à celle des internationaux, qui ont été remis aux représentants de la France, dans la Conférence générale de 1889. Définissant les unités avec le même degré de précision que les Prototypes internationaux, et ayant leurs valeurs parfaitement établies en fonction de ces derniers, ils permettront à notre pays, aussitôt que l'outillage de la section métrologique des Laboratoires d'essais du Conservatoire sera organisée, de se libérer de l'espèce de servitude dans laquelle il se trouve actuellement, pour toutes les applications qui demandent des mesures précises, vis-à-vis du Bureau international. Les étalons choisis pour jouer ce rôle devront être conservés dans des conditions de garantie particulières; n'être employés que rarement, pour des opérations de premier ordre; et être soumis, comme ceux de toutes les autres nations, à longues périodes qu'on fixerait suivant les circonstances, à des vérifications par les Prototypes internationaux, ayant pour but d'assurer l'invariabilité de notre système de mesures.

» Nous proposons de désigner, pour remplir cet office,

le Mètre et le Kilogramme qui ont été déposés aux Archives, après la distribution de 1889, et dont les valeurs exactes, en fonction des unités définies par les Prototypes internationaux, sont consignées dans les certificats qui les accompagnent.

» Quant aux anciens étalons des Archives, nous estimons qu'ils doivent être conservés désormais, avec les soins et, pour ainsi dire, le respect que justifie leur passé, comme des pièces historiques. Pendant un siècle, ils ont défini les unités fondamentales d'un système de mesures incomparablement supérieur à tout ce qui existait avant lui; à ce titre, ils ont joué un rôle important dans l'histoire de la science et de la civilisation humaines; ils ont été les représentants d'une conception grandiose; ils restent les témoins d'une grande œuvre, digne d'une éternelle admiration. Nous pensons qu'il faut leur laisser ce caractère; et nous ne saurions admettre qu'il convînt, parce qu'ils sont devenus insuffisants pour les applications les plus élevées de la science et de l'industrie, de leur assigner dans l'avenir un rôle inférieur, et d'en faire des étalons de troisième ou quatrième ordre, bons encore pour les applications ordinaires et pour les besoins communs du commerce. Leur attribuer cette fonction, à laquelle, d'ailleurs, ils conviendraient mal, ce serait, à ce qu'il nous semble, les abaisser, leur infliger une sorte de déchéance; les faire, pour ainsi dire, descendre du piédestal sur lequel nous voudrions les voir placés. »

Suivaient les résolutions précédemment prises par la Commission, et qui ont été reproduites plus haut.

Le précédent Rapport fut discuté dans les séances du Bureau national des 18 mars et 1^{er} avril 1903, adopté, dans sa forme définitive, dans la seconde, et transmis au Ministère du Commerce, avec l'Annexe suivante :

AVIS DU BUREAU NATIONAL.

Dans sa séance du 1^{er} avril 1903, le Bureau national des Poids et Mesures a, conformément au désir exprimé par M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, dans la lettre du 14 juin 1901, émis l'avis de libeller ainsi qu'il suit le projet de loi dont le Parlement doit être saisi :

ARTICLE PREMIER.

L'article 2 de la loi du 19 frimaire an VII est remplacé par la disposition suivante :

Les étalons prototypes du Système métrique sont le Mètre international et le Kilogramme international qui ont été sanctionnés par la Conférence générale des Poids et Mesures tenue à Paris en 1889, et qui sont déposés au Pavillon de Breteuil, à Sèvres.

Les copies de ces Prototypes internationaux, déposées aux Archives nationales (Mètre n° 8 et Kilogramme n° 35), sont les étalons légaux pour la France.

ART. 2.

Le Tableau des mesures légales annexé à la loi du 4 juillet 1837 sera modifié, conformément à l'article précédent, par décret rendu après avis du Bureau national des Poids et Mesures.

Ce projet de loi fut soumis à la Chambre des Députés par un décret du 19 mai 1903. Il fut transmis à l'examen d'une Commission, au nom de laquelle M. Astier, député, présenta à la Chambre un Rapport, dans lequel il faisait un historique complet de la question et exposait à son tour les arguments développés dans le Rapport du Bureau national. Il concluait dans les termes suivants :

« Quel a été le rôle de notre pays lors de la réunion de ces diverses Commissions diplomatiques, sur lesquelles le Gouvernement s'appuie pour vous soumettre le projet de loi ?

» C'est lui qui a provoqué la réunion de la Commission

internationale du Mètre en 1872; il a, lors de la Conférence diplomatique du Mètre de 1875, consacré, comme les autres pays, la substitution, aux Prototypes des Archives, des Prototypes internationaux; ses représentants à la Conférence générale de 1889 ont adopté les prototypes choisis par le Comité international.

» La France a pris, vis-à-vis des autres nations, des engagements qu'elle ne saurait oublier; et, comme la plupart des pays étrangers, elle doit inscrire dans sa législation la reconnaissance des Prototypes internationaux comme des prototypes définitifs, et adopter les étalons métriques fournis par le Bureau international comme représentant les unités métriques.

» Le projet de loi qui vous est soumis aura pour effet de supprimer la situation d'exception dans laquelle se trouve, en ce qui concerne le Système métrique, notre pays, auquel revient la gloire de l'avoir fondé. Il a été déposé, à la suite d'un engagement pris par le Ministre du Commerce à la troisième Conférence générale des Poids et Mesures, tenue au Pavillon de Breteuil au mois d'octobre 1901.

» Votre Commission ne peut, dans ces conditions, que vous demander d'approuver le projet de loi présenté par le Gouvernement. »

Ce Rapport fut présenté à la Chambre dans la séance du 11 juin. Adoptées sans difficulté par le Parlement, les nouvelles dispositions législatives furent immédiatement publiées au *Journal officiel* et insérées au *Bulletin des Lois*.

Il restait, comme conséquence, à satisfaire à l'article 2, concernant les modifications à apporter au Tableau des mesures légales, qui, annexé à la loi du 4 juillet 1837, était resté jusqu'alors la base de l'enseignement du Système métrique en France. Ce Tableau a été reproduit dans un grand nombre d'ouvrages d'enseignement, et l'on peut le trouver dans tous les volumes successifs, jusqu'à 1902, de

l'Annuaire du Bureau des Longitudes. Non seulement il était nécessaire, pour mettre ce Tableau en accord avec la nouvelle loi, d'y substituer la mention des nouveaux Prototypes internationaux à celle des anciens étalons des Archives, comme représentant les unités fondamentales du Système métrique, mais il y avait lieu, en même temps, d'en faire disparaître ou d'y modifier certaines définitions, qui, considérées comme exactes à l'époque où il fut fait, ne sont plus aujourd'hui conformes aux idées des hommes de science ni aux décisions prises par les corps savants les plus autorisés. Le Bureau national chargea encore M. Benoît de lui présenter, sur cette question, un second Rapport, qui fut adopté dans la séance du 28 juillet. On trouvera ce Rapport reproduit *in extenso* en *Annexe* de cette Notice, ce qui dispense ici de plus longues explications. Le décret, complément de la loi, fut rendu immédiatement, conformément aux propositions du Bureau national. Nous donnons ci-après une copie complète de la nouvelle loi et du décret annexe.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

LOI DU 11 JUILLET 1903

relative aux unités fondamentales du Système métrique.

Le Sénat et la Chambre des Députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER.

L'article 2 de la loi du 19 frimaire an VIII est remplacé par la disposition suivante :

« Les étalons prototypes du Système métrique sont le Mètre international et le Kilogramme international, qui ont

été sanctionnés par la Conférence générale des Poids et Mesures, tenue à Paris en 1889, et qui sont déposés au Pavillon de Breteuil, à Sèvres.

« Les copies de ces prototypes internationaux, déposées aux Archives nationales (Mètre n° 8 et Kilogramme n° 35), sont les étalons légaux pour la France. »

ART. 2.

Le Tableau des mesures légales annexé à la loi du 4 juillet 1837 sera modifié, conformément à l'article précédent, par décret rendu après avis du Bureau national des Poids et Mesures.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et la Chambre des Députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Paris, le 11 juillet 1903.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

*Le Ministre du Commerce, de l'Industrie,
des Postes et des Télégraphes,*

GEORGES TROUILLOT.

DÉCRET DU 28 JUILLET 1903

portant modification du Tableau des mesures légales.

Le Président de la République française,

Vu la loi du 11 juillet 1903 relative aux unités fondamentales du Système métrique, et spécialement son article 2, ainsi conçu :

« Le Tableau des mesures légales annexé à la loi du

4 juillet 1837 sera modifié, conformément à l'article précédent, par décret rendu après avis du Bureau national des Poids et Mesures » ;

Vu la loi du 4 juillet 1837 rendant obligatoire en France le Système métrique décimal institué par les lois des 18 germinal an III et 19 frimaire an VIII et le Tableau des mesures légales annexé à ladite loi ;

Vu le procès-verbal de la séance tenue, le 28 juillet 1903, par le Bureau national, scientifique et permanent des Poids et Mesures ;

Sur le rapport du Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes.

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER.

Le Tableau des mesures légales, annexé à la loi du 4 juillet 1837, est remplacé par le Tableau suivant :

TABLEAU DES MESURES LÉGALES.

NOMS.	VALEURS.	SIGNES abréviatifs.
<i>Mesures de longueur.</i>		
Myriamètre.....	Dix mille mètres.....	Mm.
Kilomètre.....	Mille mètres.....	km.
Hectomètre.....	Cent mètres.....	hm.
Décamètre.....	Dix mètres.....	dam.
MÈTRE (1).....	<i>Unité fondamentale</i>	m.
Décimètre.....	Dixième du mètre.....	dm.
Centimètre.....	Centième du mètre.....	cm.
Millimètre.....	Millième du mètre.....	mm.

(1) Le mètre est la longueur à la température de zéro du Prototype international, en platine iridié, qui a été sanctionné par la Conférence générale

NOMS.	VALEURS.	SIGNES abréviatifs.
<i>Mesures agraires.</i>		
Hectare	Cent ares ou dix mille mètres carrés.	ha.
ARE	Cent mètres carrés.....	a.
Centiare.....	Centième de l'are ou mètre carré...	ca ou m ² .
<i>Mesures des bois.</i>		
Décastère.....	Dix stères.....	das.
STÈRE.....	Mètre cube.....	s ou m ³ .
Décistère.....	Dixième du stère.....	ds.
<i>Mesures de masse ou de poids (1).</i>		
Tonne.....	Mille kilogrammes.....	t.
Quintal métrique..	Cent kilogrammes.....	q.
KILOGRAMME (2).	<i>Unité fondamentale</i>	kg.
Hectogramme.....	Cent grammes.....	hg.
Décagramme.....	Dix grammes.....	dag.
GRAMME.....	Millième du kilogramme.....	g.
Décigramme.....	Dixième du gramme.....	dg.
Centigramme.....	Centième du gramme.....	cg.
Milligramme.....	Millième du gramme.....	mg.

des Poids et Mesures tenue à Paris en 1889 et qui est déposé au Pavillon de Breteuil, à Sévres.

La copie n° 8 de ce Prototype international, déposée aux Archives nationales, est l'étalon légal pour la France.

La longueur du mètre est très approximativement la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, qui a été prise comme point de départ pour l'établir.

L'unité de *surface* et l'unité de *volume* sont respectivement le mètre carré (m²) et le mètre cube (m³). On donne à la première le nom de *centiare* quand elle s'applique à la mesure des terrains, et à la seconde le nom de *stère* quand elle s'applique à la mesure des bois.

(1) La *masse* d'un corps correspond à la quantité de matière qu'il contient; son *poids* est l'action que la pesanteur exerce sur lui. En un même lieu, ces deux grandeurs sont proportionnelles l'une à l'autre; dans le langage courant, le terme *poids* est employé dans le sens de *masse*.

(2) Le *kilogramme* est la masse du Prototype international, en platine iridié, qui a été sanctionné par la Conférence générale des Poids et Mesures tenue à Paris en 1889, et qui est déposé au Pavillon de Breteuil, à Sévres.

La copie n° 35 de ce Prototype international, déposée aux Archives nationales, est l'étalon légal pour la France.

La masse du kilogramme est très approximativement celle de 1 décimètre

NOMS.	VALEURS.	SIGNES abréviatifs.
<i>Mesures de capacité.</i>		
Kilolitre.....	Mille litres.....	kl.
Hectolitre.....	Cent litres.....	hl.
Décalitre.....	Dix litres.....	dal.
LITRE (1).....		l.
Décilitre.....	Dixième du litre.....	dl.
Centilitre.....	Centième du litre.....	cl.
Millilitre.....	Millième du litre.....	ml.
<i>Monnaies.</i>		
FRANC.....	Cinq grammes d'argent au titre légal.	»
Décime.....	Dixième du franc.....	»
Centime.....	Centième du franc.....	»

cube d'eau à son maximum de densité, qui a été prise comme point de départ pour l'établir.

(1) Le litre est le volume occupé par un kilogramme d'eau pure à son maximum de densité et sous la pression atmosphérique normale.

Le volume du litre est très approximativement égal à 1 décimètre cube.

ART. 2.

Le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 28 juillet 1903.

ÉMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

*Le Ministre du Commerce, de l'Industrie,
des Postes et Télégraphes,*

GEORGES TROUILLOT.

ANNEXE.

BUREAU NATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Séance du 28 juillet 1903.

R A P P O R T

SUR LES

MODIFICATIONS A APPORTER AU TABLEAU DES MESURES LÉGALES.

Le texte de la loi du 4 juillet 1837, rendant obligatoire en France le Système métrique décimal, est suivi d'un Tableau des mesures légales, qui donne : la nomenclature des unités des diverses espèces et de leurs multiples et sous-multiples; les valeurs de ceux-ci en fonction des unités principales; la définition des unités fondamentales, et enfin l'indication des prototypes qui les représentent, — conformément aux dispositions des lois des 18 germinal an III et 19 frimaire an VIII, qui avaient institué le Système métrique. La modification introduite dans cette dernière loi par le projet qui vient d'être, à la suite des délibérations du Bureau national des Poids et Mesures, présenté par le Gouvernement et adopté par les deux Chambres, entraîne aussi forcément quelques modifications dans le Tableau dont il s'agit. Le projet de loi lui-même prévoit ces modifications dans son article 2, qui est ainsi conçu :

« ART. 2. — Le Tableau des mesures légales annexé à la loi du 4 juillet 1837 sera modifié, conformément à l'article précédent, par décret rendu après avis du Bureau national des Poids et Mesures. »

Avant d'indiquer les modifications que nous proposons d'introduire dans le Tableau, il sera peut-être utile de donner quelques explications, dans le but surtout de définir quelques termes avec la rigueur du langage scientifique moderne.

MÈTRE.

Le nom du Mètre est accompagné, dans le Tableau, des indications suivantes :

dans la colonne intitulée VALEUR :

« Unité fondamentale des Poids et Mesures (dix-millionième partie du quart du méridien terrestre) »,

et dans la colonne intitulée OBSERVATIONS :

« L'étalon prototype en platine, déposé aux Archives le 4 mesidor an VII, donne la longueur légale du Mètre quand il est à la température zéro. »

Le Mètre a donc *deux* définitions : l'une basée sur les dimensions de la Terre; l'autre basée sur un étalon matériel qui en donne la valeur légale. Dans la pensée des créateurs du Système métrique, la première était la véritable définition de l'unité de longueur; la seconde en était une simple représentation, que l'on supposait avoir été réalisée par des procédés assez parfaits pour qu'il fût difficile, sinon impossible, d'en dépasser l'exactitude, et pour assurer l'identité des deux définitions. En adoptant un tel point de départ, les fondateurs du système obéissaient à une double préoccupation. Tout d'abord, ils comptaient que le caractère universel et, pour ainsi dire, impersonnel au point de vue national, donné à la base fondamentale de leur système de mesures, faciliterait son acceptation par tous les peuples, et conduirait à son extension progressive sur toute l'étendue du globe civilisé; il n'est guère douteux que, à ce point de vue, leurs prévisions ne se soient trouvées justifiées. En second lieu, ils pensaient fixer ainsi d'une manière immuable, à tout jamais, la valeur de l'unité, et fournir, en prenant sa base dans la nature, un moyen de la retrouver identique, à un moment quelconque, dans le cas où l'étalon viendrait à être perdu ou altéré. Sur ce second point, l'avenir devait leur donner tort.

Le développement de la Géodésie et l'accroissement continu de nos connaissances sur la forme et les dimensions de notre globe ont déjà modifié sensiblement des résultats qu'on croyait définitifs à la fin du XVIII^e siècle. D'après l'ensemble des déterminations les plus modernes, la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre est plus longue que le Mètre de 0^{mm},187. Mais ce résultat lui-même est évidemment transitoire. Il répond à l'état actuel de nos connaissances, et est susceptible d'être modifié à mesure que les travaux,

qui s'exécutent journellement sur toute la surface de la Terre viendront ajouter de nouvelles données aux données encore imparfaites que nous possédons aujourd'hui. Si donc le Mètre devait représenter réellement et exactement sa définition originelle, on serait conduit — sans même faire intervenir ici les questions encore controversées de changements possibles avec le temps dans les dimensions du globe et de l'inégalité des différents méridiens — à avoir une unité qui aurait le pire de tous les défauts, celui d'être incessamment variable.

Ce n'est pas tout. Les progrès réalisés en Métrologie, c'est-à-dire dans la construction et dans la détermination des étalons de premier ordre, ont laissé loin derrière eux ceux des mesures géodésiques, quelque importants qu'aient été ces derniers depuis l'époque de la création du Système métrique. Il n'y a là rien qui doive surprendre. Les mesures géodésiques et, en particulier, celles qui peuvent servir à établir le rapport entre le Mètre et le méridien terrestre constituent des opérations prodigieusement complexes, qui, par leur nature, les conditions dans lesquelles elles doivent être effectuées, et leur immense étendue, comportent des causes d'incertitudes ou d'erreurs considérables relativement à celles des opérations métrologiques, incomparablement plus simples et plus aisées, qui se font dans un laboratoire. Il en résulte que, si nous supposions l'unité métrique perdue, et si nous voulions, conformément à l'idée des fondateurs du système, la retrouver en partant des notions actuellement acquises sur la valeur du méridien terrestre, nous la reproduirions difficilement avec une précision probable de l'ordre du cent-millième, précision quarante ou cinquante fois inférieure à celle avec laquelle peut être déterminé un étalon bien construit, et huit ou dix fois inférieure à celle qui s'atteint couramment dans beaucoup de mesures scientifiques et qui est même demandée aujourd'hui dans un certain nombre d'applications techniques et industrielles. La restauration de l'unité s'effectuerait avec beaucoup plus de sûreté et d'exactitude au moyen d'une simple copie, qui aurait été authentiquement comparée à l'étalon primitif, et dont l'état de conservation pourrait être garanti.

Les remarques qui précèdent sont générales; elles s'appliqueraient également à d'autres bases, que l'on avait aussi cherché autrefois à trouver dans la nature, par exemple au pendule battant la seconde, qui fut proposé tout d'abord comme point de départ pour la définition du Mètre, mais qu'on abandonna parce que son adoption aurait im-

pliqué forcément la désignation du lieu particulier où sa longueur fixerait l'unité. En Angleterre, au contraire, l'Acte du Parlement de 1824, qui sanctionnait officiellement, comme unité fondamentale du Système britannique, le vieil étalon du Yard construit par Bird en 1760, fixait en même temps le rapport de cet étalon au pendule, et stipulait que, en cas de perte ou d'altération, ce rapport servirait à reproduire l'unité. L'occasion ne tarda guère de mettre à l'épreuve cette disposition législative. Dix ans plus tard, cet étalon fut détruit dans le grand incendie qui dévora en 1834 le palais de Westminster. Or la Commission de savants anglais qui fut chargée par le Gouvernement de reconstituer les étalons, et qui fit à cette occasion un travail absolument remarquable et de premier ordre, rejeta d'emblée, en dépit de la loi, comme tout à fait insuffisant et incertain, le procédé que celle-ci avait prétendu imposer. Aujourd'hui encore, malgré les progrès qui ont été réalisés depuis dans l'étude du pendule, entre les mains de physiciens et de géodésiens éminents, ce moyen ne permettrait guère de retrouver l'unité avec une précision supérieure à celle que l'on obtiendrait en la décrivant de la mesure du méridien.

Ainsi, par suite des progrès accomplis dans l'art des mesures, on en est arrivé peu à peu à abandonner l'idée des *unités naturelles*, et à considérer une unité fondamentale comme une grandeur arbitraire et conventionnelle, dont la valeur est définie et fixée par l'étalon accepté par le consentement de tous comme en étant la représentation matérielle. Des deux modes de définition du Mètre inscrits dans notre ancienne législation, et qui, conservés l'un à côté de l'autre, conduisent à une incompatibilité, un seul répond à une réalité. Sans donc méconnaître la grandeur de la conception première des fondateurs du Système métrique, ni l'utile influence qu'elle a sans doute exercée sur l'extension de ce système en dehors des limites de notre pays, nous ne pouvons considérer aujourd'hui le rapport du Mètre au méridien que comme une relation approchée, dont l'emploi peut d'ailleurs être encore très commode dans certaines applications, mais qui est incapable de définir l'unité avec la précision dont nous avons besoin, non plus que d'en garantir la conservation avec le temps. Ainsi, en tenant compte de la modification à apporter à la loi de 1837, nous dirons simplement que le Mètre est la longueur du Prototype international, à la température de zéro.

Les considérations qui précèdent montrent, comme conséquence, toute l'importance qui s'attache à la conservation du Prototype. Elles justifient les soins tout à fait spéciaux qui ont présidé aux dispositions prises en vue de cette conservation. Elles expliquent la préoccupation qu'ont eue de tout temps les métrologistes de se ménager des moyens de contrôler le Prototype, de s'assurer autant que possible qu'il n'a éprouvé aucune variation, ni spontanée, par suite des transformations moléculaires qui affectent parfois la structure intime de la matière, ni provoquée, par suite de causes accidentelles. C'est dans ce but que le Mètre prototype international est accompagné de *témoins*, enfermés avec lui dans son dépôt, c'est-à-dire d'autres étalons qui lui ont été très soigneusement comparés; la constance de leurs rapports mutuels, si elle se vérifie dans la suite des temps, constituera, sinon une certitude absolue, au moins une présomption extrêmement probable de la constance des uns et des autres.

Les nombreuses copies de premier ordre (une trentaine environ) qui, après avoir été exactement déterminées, ont été distribuées, sous le nom de *prototypes nationaux*, dans les divers pays du monde civilisé, et y sont également conservées avec le plus grand soin, pourraient aussi, le cas échéant, jouer un rôle dans ces vérifications, et accroître notre certitude. Enfin, les progrès de la Physique ont permis, dans ces dernières années, de trouver dans les phénomènes de la haute optique un critérium beaucoup plus parfait et plus aisément accessible que ceux auxquels on avait pensé autrefois. Sans aborder ici une question qui sortirait tout à fait de l'objet de ce Rapport, je me bornerai à indiquer que ce critérium nous est fourni par les longueurs d'ondes de certaines radiations lumineuses bien définies et susceptibles d'être reproduites à volonté. Ces longueurs d'ondes constituent des repères invariables, que l'on est parvenu à rapporter, par des méthodes extrêmement ingénieuses et délicates, à l'unité définie par le Prototype, avec une précision qui est peu inférieure à celle avec laquelle ce Prototype lui-même peut être directement mesuré; ils donneraient le moyen d'y déceler avec sûreté des variations extrêmement petites, si elles venaient à se produire. Le programme est d'ailleurs déjà fait de nouvelles expériences, qui seront exécutées prochainement, dans la même voie, et dans lesquelles on tâchera d'atteindre une exactitude encore plus grande. Ainsi on peut dire que la permanence indéfinie, dans l'avenir, du système de mesures basé, comme unité fondamentale, sur la longueur du Mètre prototype international, est assurée de bien des manières, avec des

garanties qui n'ont jamais été réalisées au même degré, à beaucoup près, pour aucun autre système.

En résumé, il y a donc lieu de faire disparaître, dans le Tableau des mesures légales, la dualité de définition du Mètre, qui, aujourd'hui, constitue une erreur de fait, en même temps qu'elle conduirait à une incompatibilité, et d'indiquer l'unité fondamentale du Système métrique comme définie uniquement par la longueur du Mètre international à zéro. A côté, il sera toutefois utile de conserver l'indication du rapport du Mètre au quadrant terrestre, mais seulement comme une relation approchée, ayant servi à établir, à l'origine, la valeur de cette unité.

KILOGRAMME.

Le Kilogramme est défini par la loi de 1837, ainsi que dans le langage ordinaire, comme étant l'unité de *poids*; pour le physicien, il est l'unité de *masse*. Il y a donc, sur ce point, entre le langage courant et le langage scientifique, un désaccord, à propos duquel il ne sera peut-être pas inutile de donner aussi quelques brèves explications.

Les notions de *poids* et de *masse* sont très généralement confondues. Elles représentent pourtant deux choses essentiellement différentes. La masse est ce qui caractérise une quantité donnée de matière, ce qui reste invariable tant qu'on n'y ajoute ou qu'on n'en retranche rien. Le poids est l'action que la pesanteur exerce sur cette matière; dans la notion de cette dernière grandeur intervient par conséquent l'attraction terrestre. La masse d'un corps est constante, et ne dépend à aucun degré des conditions extérieures dans lesquelles il est placé. Son poids change aussitôt qu'on le déplace d'un lieu à un autre, parce que la gravité varie avec la latitude et avec l'altitude. Si la distinction entre ces deux notions resté cependant confuse dans beaucoup d'esprits, cela tient d'abord à ce que, presque toujours, nous évaluons comparativement les masses par l'intermédiaire des poids, en appliquant un procédé par lequel l'influence des variations de la pesanteur se trouve éliminée : en même temps que la matière dont la quantité doit être déterminée, nous transportons avec nous, quel que soit le lieu où nous opérons, la

masse-étalon par laquelle cette quantité doit être mesurée, et nous les équilibrons l'une par l'autre aux extrémités d'un même levier; dans ces conditions, les variations de la pesanteur agissent également de part et d'autre, et nous obtenons une *masse* constante et correcte, bien que les deux *poids* comparés aient, par le fait, changé l'un et l'autre. D'autre part, la variation de la pesanteur à la surface de notre globe est assez faible ($\frac{1}{200}$ environ du pôle à l'équateur) pour que, alors même que, par exception, nous avons recours à d'autres procédés que celui de la balance, les conséquences qui en résultent restent négligeables dans les limites d'exactitude qu'on demande aux mesures usuelles. C'est ainsi, par exemple, qu'un peson ou dynamomètre à ressort qui aurait été ajusté et gradué à Paris serait considéré comme fournissant encore des indications justes à Dunkerque ou à Perpignan.

Mais, si ces conséquences sont insensibles dans les applications de la vie courante, elles apparaissent dans les déterminations rigoureuses de la science. Aussi, depuis longtemps, les physiciens qui ont porté spécialement leur attention sur ces questions, et qui ont cherché à établir des systèmes coordonnés dans lesquels les unités des diverses grandeurs fussent reliées logiquement entre elles, conformément aux relations naturelles de ces grandeurs, ont vite reconnu les complications et les difficultés qui résultaient, pour leur définition et leur emploi, de l'introduction du *poids* comme unité fondamentale. Parmi eux il faut citer avant tous l'illustre Gauss, qui fut frappé de ces inconvénients lorsqu'il voulut instituer un système général d'observations du champ magnétique terrestre, comportant des mesures dans des pays où l'intensité de la pesanteur est très différente. Plus tard, lorsque l'Association britannique créa, il y a une quarantaine d'années, le système coordonné qui, modifié en quelques points et étendu de manière à embrasser l'universalité de toutes les grandeurs physiques et mécaniques, devait devenir le Système C.G.S., elle suivit les idées de Gauss et adopta le *gramme-masse* pour l'une des trois unités fondamentales de ce système. Aussi, quand, en 1887, le Comité international des Poids et Mesures décidait que le Kilogramme prototype international représentait l'unité de *masse*, il n'innovait rien, mais consacrait seulement, en lui donnant en quelque sorte une formule officielle, une manière de voir qui était déjà celle de la généralité des physiciens et des métrologistes de tous les pays. Les Conférences générales des Poids et Mesures de 1889, puis de 1901, dans lesquelles les Gouverne-

ments de la Convention du Mètre étaient représentés par les savants les plus autorisés et les plus compétents, ont encore confirmé, avec plus de solennité, cette décision, qui a déjà, du reste, passé d'une façon explicite dans le texte de lois de quelques pays (1).

Il n'est guère douteux, d'ailleurs, que, en définissant le kilogramme comme étalon de masse, on ne se rapproche des intentions des fondateurs du Système métrique. Sans doute, à leur époque, la distinction entre les deux notions n'avait pas, dans les esprits, la netteté qu'elle a acquise depuis; la terminologie était vague et flottante; les mots de *poids* et de *masse* étaient souvent employés indifféremment et comme synonymes. Néanmoins, c'est évidemment l'idée de quantité de matière qui domine et se dégage de l'examen des travaux des créateurs du Kilogramme. « Comme tous les corps,

(1) Voici le texte de la résolution, relative à cette question, qui a été votée dans la séance du 22 octobre 1901, par la troisième Conférence générale des Poids et Mesures :

« 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 la 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. »

(*Comptes rendus de la troisième Conférence générale des Poids et Mesures*, p. 68. Paris, 1901).

dit Trallès ⁽¹⁾, ne contiennent pas des quantités égales de matière dans des volumes égaux, il faut encore une seconde détermination pour l'unité de la quantité de matière, l'indication précise d'un corps physique. Ce corps, sous un volume déterminé, constitue alors l'unité adoptée pour la quantité de matière ou l'unité de poids, parce que nous mesurons le plus ordinairement la quantité de matière par son poids. »

Qu'on me permette encore une citation : « Qu'est-ce, dit Van Swinden ⁽²⁾, qu'une masse de métal qu'on nomme *Kilogramme*? C'est le représentatif d'une masse d'eau, prise à son maximum de condensation, contenue dans le cube du décimètre et pesée dans le vide. Nos deux kilogrammes de platine et de laiton, ces deux représentatifs d'une même masse d'eau, doivent donc avoir le même poids dans le vide; mais, par là même, ils ne peuvent être égaux que là, et doivent être inégaux dans l'air. » Nous ne parlerions pas plus correctement aujourd'hui.

Du reste, l'absence complète de toute mention d'un lieu déterminé auquel le résultat de la pesée devrait être rapporté suffirait, semble-t-il, pour indiquer que les créateurs du Kilogramme avaient bien en vue l'unité d'une grandeur entièrement indépendante de la gravité.

Enfin, il est permis de remarquer que le mot *poids*, dans l'acception qu'on lui donne communément, répond en réalité à la signification que les physiciens donnent au mot *masse*. En effet, dans la transaction commerciale la plus vulgaire, ce qui occupe l'esprit de l'acheteur aussi bien que du vendeur, ce qui importe à l'un comme à l'autre, ce n'est pas assurément l'action exercée par l'attraction terrestre sur la marchandise qui les met en présence, c'est la quantité de cette marchandise que l'un doit livrer et l'autre recevoir pour un prix donné; et on les surprendrait sans doute tous les deux si on leur disait que cette quantité pourrait, suivant le mode de mesure qui serait employé, être variable, toutes choses étant égales d'ailleurs, par le seul fait que la mesure en serait faite en un autre lieu.

Cette dernière remarque permettrait, semble-t-il, de donner satisfaction d'une façon suffisante, dans la nomenclature des diverses

⁽¹⁾ *Base du système métrique décimal*, t. III, p. 559.

⁽²⁾ *Base du système métrique décimal*, t. III, p. 644.

unités du Système métrique, à la fois à l'exactitude scientifique et à des habitudes de langage profondément enracinées et qu'on ne saurait songer à réformer. Il suffirait d'intituler la section du Tableau des mesures légales relatives au Kilogramme et à ses multiples et sous-multiples : « *Mesures de masse ou de poids* ». Une courte note reproduirait la définition de ces termes et indiquerait l'acceptation que donne au dernier le langage ordinaire.

Une seconde question qui se pose encore à propos du Kilogramme est celle de sa valeur. Le Tableau des mesures légales porte, à côté du nom du Kilogramme, les mentions suivantes :

dans la colonne intitulée **VALEUR** :

« Mille grammes. Poids dans le vide d'un décimètre cube d'eau distillée à la température de quatre degrés centigrades » ;

et dans la colonne intitulée **OBSERVATIONS** :

« L'étalon prototype en platine déposé aux Archives le 4 messidor an VII, donne, dans le vide, le poids légal du Kilogramme ».

On lit aussi, à côté du mot *Gramme* :

« Poids d'un centimètre cube d'eau à quatre degrés centigrades ».

Ainsi, ici comme pour le Mètre, nous trouvons deux définitions pour le Kilogramme : l'une par le poids (mot que nous prendrons dorénavant dans le sens de masse) d'une certaine quantité d'eau dans des conditions données; l'autre par un étalon matériel en platine qui a été réalisé dans le but de représenter une masse identique. Or, cette réalisation a été obtenue par une série d'expériences, par des opérations physiques et des mesures, qui, comme toute opération et toute mesure, étaient inévitablement sujettes à des causes d'incertitudes et d'erreurs. Il y a donc lieu de présumer, *a priori*, que, de même que le Mètre ne représente qu'approximativement la dix-millionième partie du quadrant terrestre, de même le Kilogramme ne représente qu'approximativement la masse d'un décimètre cube d'eau à son maximum de densité. Cette hypothèse est d'autant plus légitime que le problème était l'un des plus difficiles que puisse aborder le métrologiste, comme l'ont surabondamment montré les résultats extraordinairement incohérents qui ont été obtenus par la plupart des observateurs qui l'ont repris, depuis le commencement du XIX^e siècle, et ont essayé de fixer l'er-

reur du Kilogramme de Lefèvre-Gineau et Fabbroni par rapport à sa définition théorique. En effet, les premiers en date, Schuckburgh et Kater, trouvent que le Kilogramme est trop léger de 457 milligrammes; en 1821, Stampfer le trouve trop lourd de 250 milligrammes; en 1825, Berzélius, Svanberg et Akerman le déclarent trop léger de 296 milligrammes; en 1841, Kupffer, après plusieurs années de recherches très soignées, réduit l'erreur à + 62 milligrammes, mais comme moyenne de deux résultats malheureusement très peu concordants; enfin, en 1890, M. Chaney est conduit à attribuer aussi au Kilogramme une erreur de même sens, mais montant à + 177 milligrammes.

On le voit, si l'on avait voulu corriger l'étalon d'après ces diverses déterminations, on aurait été amené à créer successivement toute une série de kilogrammes singulièrement différents. Les physiciens n'ont jamais eu la pensée de céder à cette tentation; heureusement; car des études plus récentes, dans lesquelles on a mis en œuvre des méthodes plus perfectionnées ou entièrement nouvelles, ont prouvé que le résultat de Lefèvre-Gineau était notablement plus rapproché de la vérité que ceux de toutes les mesures que je viens de rappeler et qui ont été instituées, après lui, pour le contrôler. D'après ces déterminations, le Kilogramme est un peu trop lourd, comme l'ont trouvé Kupffer et M. Chaney; mais son erreur est presque sûrement comprise entre + 30 et + 50 milligrammes, soit à peu près $\frac{1}{25000}$, probablement plus près de la première limite. On peut espérer que ces études, qui se poursuivent encore actuellement, fixeront la valeur de cette constante physique avec l'approximation du centigramme, soit au cent-millième près; mais, étant données la nature du problème et les difficultés dont il est hérissé, il n'est guère probable que, de longtemps encore, on dépasse sensiblement cette exactitude. Si, d'autre part, on considère que la comparaison de deux kilogrammes peut se faire, avec nos instruments et par nos méthodes modernes, avec la précision du centième de milligramme, c'est-à-dire au cent-millionième près, on conclura que, pour le Kilogramme comme pour le Mètre, tout d'abord la dualité de définition inscrite dans notre ancienne législation implique une incompatibilité; et, en second lieu, que la définition théorique qui a servi de base pour l'établissement de l'unité n'en peut aussi donner qu'une valeur approchée, et serait incapable de contrôler l'étalon qui représente celle-ci et qui en fournit en réalité la véritable et unique définition.

On ne saurait trop admirer, il est bon de le dire en passant, la perfection avec laquelle les fondateurs du Système métrique ont réalisé le représentant matériel de l'unité de masse, puisque, ainsi qu'on vient de le voir, tous ceux qui ont abordé le problème après eux en ont donné des solutions bien inférieures, et que, aujourd'hui encore, en mettant en œuvre les moyens très perfectionnés de la métrologie moderne, nous n'arrivons que très difficilement à assurer à nos résultats une exactitude sensiblement supérieure à la leur. Laisant de côté toute discussion de détail, nous pouvons affirmer qu'une telle perfection ne pouvait être atteinte que par des physiiciens possédant une entente complète des procédés de la métrologie, une habileté consommée, secondée par des soins minutieux, dans l'exécution des expériences, et un sens critique de premier ordre dans la discussion des observations.

LITRE.

L'unité de volume est naturellement donnée, dans un système rationnel, par le cube de l'unité de longueur. Pour exprimer le volume d'un corps, il suffirait donc de le déduire de la mesure de ses dimensions linéaires. Dans la pratique, toutefois, un tel procédé est rarement utilisable. Il ne peut s'appliquer évidemment qu'à des corps de forme géométrique régulière; et même, dans ce cas, il comporte, lorsqu'on veut atteindre un haut degré d'exactitude, de très grandes difficultés. Ainsi, on est amené à mesurer les volumes par des pesées, en s'appuyant sur le rapport de définition théorique de l'unité de masse à l'unité de volume. Cette dernière unité est alors désignée comme unité de *capacité*, parce que c'est effectivement le plus souvent dans la détermination des volumes intérieurs de vases ou récipients que ce procédé est employé; et elle prend le nom de *Litre*, le Litre étant considéré, ainsi que l'indique le Tableau des mesures légales, comme égal au décimètre cube.

La relation (tout artificielle d'ailleurs, et fondée sur les propriétés particulières d'un corps arbitrairement choisi, l'eau à son maximum de densité) qui est établie, dans le Système métrique, entre l'unité de masse et l'unité de volume, est d'une très grande commodité dans la pratique. Si l'on y ajoute la convention de rapporter les densités de tous les corps à la densité maximum de l'eau, elle conduit à cette conséquence que le volume d'un corps de den-

sité 1 et sa masse sont exprimés par le même nombre. Cette identité, toutefois, n'existe évidemment que dans les limites de l'exactitude avec laquelle le Kilogramme répond à sa définition théorique. Or, nous venons de voir que, d'après les déterminations les plus récentes et les plus sûres, il réalise cette définition avec une approximation de l'ordre de $\frac{1}{25000}$ environ. Cette approximation est beaucoup plus que suffisante pour satisfaire à tous les besoins, non seulement de la pratique ordinaire, mais même d'un très grand nombre d'applications scientifiques. Mais, lorsqu'il s'agit de déterminations volumétriques très précises, dans lesquelles on prétend aller au delà de cette limite, il n'en est plus de même. Le nombre qui exprime la masse en kilogrammes exprime alors en même temps le volume, non plus en fonction du décimètre cube, mais en fonction d'une autre unité, très peu différente, qui est le volume occupé par 1 kilogramme d'eau pure à son maximum de densité. On est convenu aujourd'hui de réserver le mot de *Litre* pour désigner cette dernière unité. Cette proposition, faite d'abord par le Comité international des poids et mesures, a été adoptée très généralement par les physiciens, et elle a été en dernier lieu sanctionnée par une résolution de la Conférence générale de 1901 (1) Le *Litre* est donc le vo-

(1) Voici le texte de la déclaration votée, relativement à cette question, par la troisième Conférence générale des poids et mesures, dans sa séance du 3 octobre 1901 :

« 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 volumes 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

lume occupé par la masse de 1 kilogramme d'eau pure, à son maximum de densité; et, comme la densité de l'eau change avec la pression qu'elle supporte, il faut encore, pour que la définition soit tout à fait précise, ajouter : et sous la pression atmosphérique normale. Le rapport du Litre au décimètre cube est évidemment le même que le rapport du Kilogramme vrai au kilogramme théorique. Ces unités peuvent d'ailleurs être considérées comme identiques, et prises indifféremment l'une pour l'autre, dans toutes les applications de la pratique ordinaire, et, en général, lorsque les mesures ne comportent pas une précision supérieure à un vingt-cinq millième environ; leur distinction s'impose au contraire dans les déterminations de haute précision.

CONCLUSIONS.

Telles sont les observations que nous paraissent appeler les modifications à introduire dans le Tableau des mesures légales annexé à la loi de 1837. En résumé, il devra évidemment tout d'abord contenir l'indication des nouveaux Prototypes internationaux, substitués aux anciens étalons des Archives, et reconnus maintenant par la loi comme bases du Système métrique et représentant les deux unités fondamentales desquelles dérivent toutes les autres. En second lieu, nous considérons comme absolument désirable que, sans surcharger ce Tableau d'explications ou de notions scientifiques qui lui feraient perdre le caractère de simplicité adapté à l'objet pratique en vue duquel il est fait, on y ajoute, dans quelques courtes notes, les définitions les plus indispensables de quelques termes, conformément aux idées des hommes de science d'aujourd'hui et aux décisions prises par les corps savants les plus autorisés, en modifiant ou faisant disparaître les définitions

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. »

(*Comptes rendus de la troisième Conférence générale*, p. 36, Paris, 1901.)

qui sont devenues des erreurs de faits ou de véritables incorrections.

Enfin il serait peut-être utile de faire suivre ce Tableau de l'indication des signes abrégatifs à adopter pour la désignation des diverses unités et de leurs multiples ou sous-multiples. En effet, les abréviations pour la désignation des différents poids et mesures constituent un besoin réel pour l'écriture, l'impression et le calcul ; elles sont, par suite, beaucoup plus fréquemment employées que les noms complets. Mais leur choix étant laissé à chacun, un arbitraire absolu y règne en maître, et des erreurs ou confusions en peuvent naître facilement. Le Comité international des Poids et Mesures, à la suite d'une démarche faite auprès de lui par le Département du Commerce et de l'Agriculture de la Suisse, a étudié très soigneusement cette question, et, après discussions approfondies, a proposé en 1879 un Tableau dans lequel les symboles et abréviations ont été établis suivant une règle systématique, et de manière à s'adapter aussi bien que possible aux principales langues de tous les pays dans lesquels le Système métrique est employé. L'usage de ces abréviations s'est déjà beaucoup répandu ; un grand nombre de périodiques scientifiques, parmi les plus importants, en France et à l'étranger, les ont adoptées définitivement, et plusieurs maisons d'imprimerie les introduisent, autant que les auteurs le leur permettent, dans toutes les publications qui sortent de leurs presses.

Nous reproduisons ci-après le Tableau de ces abréviations, tel que l'a établi le Comité international, et le complétons en quelques points, en nous laissant guider par les mêmes règles. Il suffirait de reproduire ces signes abrégatifs dans une colonne spéciale ajoutée au Tableau des mesures légales.

En conséquence des considérations développées dans le présent Rapport, nous proposons de soumettre à l'approbation du Gouvernement le projet de décret ci-après (1).

Le rapporteur,
RENÉ BENOIT.

(1) Voir le décret ci-dessus, p. 156.

TABLEAU DES SIGNES ABRÉVIATIFS

pour les Poids et Mesures.

MESURES									
de longueur.		de surface.		de volume.		de capacité.		de masse (ou poids).	
Myriamètre.....	Mm.	Myriamètre carré.	Mm ²	Mètre cube.....	m ³	Hectolitre	hl.	Tonne.....	t.
Kilomètre.....	km.	Kilomètre carré..	km ²	Stère.....	s.	Décalitre.....	dal.	Quintal métrique.	q.
Hectomètre.....	hm.	Hectare.....	ha.	Décimètre cube..	dm ³	Litre.....	l.	Kilogramme.....	kg.
Décamètre.....	dam.	Are.....	a.	Centimètre cube..	cm ³	Décilitre.....	dl.	Hectogramme....	hg.
Mètre.....	m.	Centiare.....	ca.	Millimètre cube..	mm ³	Centilitre.....	cl.	Décagramme.....	dag.
Décimètre.....	dm.	Mètre carré.....	m ²			Millilitre.....	ml.	Gramme.....	g.
Centimètre.....	cm.	Décimètre carré.	dm ²					Décigramme.....	dg.
Millimètre.....	mm.	Centimètre carré.	cm ²					Centigramme....	cg.
Micron.....	μ.	Millimètre carré..	mm ²					Milligramme.....	mg.

ANNEXE II.

L'ÉCHELLE THERMOMÉTRIQUE NORMALE ET LES ÉCHELLES PRATIQUES POUR LA MESURE DES TEMPÉRATURES.

Par M. Ch.-Éd. GUILLAUME.

1. — L'ÉCHELLE THERMODYNAMIQUE ET L'ÉCHELLE NORMALE.

Considérons une propriété quelconque d'un corps, variant toujours dans le même sens lorsque la température s'élève, et possédant, à toute température, une valeur bien déterminée. Supposons que nous ayons mesuré la valeur de cette propriété à la température de la glace fondante et à celle de l'eau bouillante. Les centièmes successifs de la variation de la propriété considérée, à partir de la température de la glace fondante, définiront les degrés centésimaux d'une échelle thermométrique arbitraire, fondée sur la propriété en question.

On peut évidemment établir autant d'échelles thermométriques arbitraires bien définies qu'il existe de propriétés thermiques des corps répondant aux conditions ci-dessus énoncées.

A une époque où les dilatations des liquides étaient seules employées dans l'établissement des échelles thermométriques, et où la précision des mesures était loin de ce qu'elle est aujourd'hui, l'inconvénient de posséder plusieurs échelles thermométriques arbitraires avait déjà frappé les physiciens, et avait conduit Gay-Lussac à rapporter toutes les opérations thermométriques à une échelle fondée sur la dilatation des gaz permanents. L'idée de Gay-Lussac avait sa pleine justification dans le fait, qu'il pensait avoir définitivement établi, de l'égalité de dilatation des gaz usuels. Il devait

nécessairement voir, dans cette constatation, l'expression d'une loi naturelle d'une portée générale, et ne pouvait mieux faire que de mettre sous le couvert de cette loi, qui apparaissait d'une importance capitale, une mesure livrée jusque-là à l'arbitraire le plus complet.

Le développement de la thermodynamique vint montrer plus tard qu'une échelle thermométrique n'est pas nécessairement liée à une propriété déterminée d'un corps réel, mais qu'il peut exister une échelle possédant une existence propre, indépendante des propriétés de la matière. Par un hasard singulièrement heureux, il se trouve que cette échelle peut être matérialisée dans la forme qu'a indiquée Gay-Lussac, mais en y ajoutant la condition essentielle que le gaz sur lequel est fondée la nouvelle échelle possède certaines qualités que l'on renferme dans la notion limite du *gaz parfait*.

La matérialisation d'une unité ou d'une échelle de mesure susceptible, d'autre part, d'une définition immédiate, soulève des questions délicates et souvent controversées. Si l'on s'en tenait uniquement aux conditions théoriques du problème, on serait conduit à considérer la représentation matérielle comme faisant double emploi avec la définition idéale, si elle pouvait lui être identique; ou, ce qui est pire, comme susceptible de fausser la valeur des résultats auxquels elle conduit, si elle en diffère.

Malgré tout ce que ce raisonnement semble avoir de rigoureux, les besoins de la pratique ont conduit, dans des cas nombreux, à n'en tenir aucun compte. Une représentation matérielle est une nécessité inéluctable de la Métrologie, qui a toujours construit et sanctionné des étalons susceptibles d'être directement utilisés. C'est ainsi qu'après avoir relié l'unité des mesures de longueur aux dimensions de la Terre, on a basé toutes les mesures sur le Mètre des Archives, puis sur le Mètre international; de même, toutes les déterminations de masse sont rapportées au Kilogramme et non à la masse du décimètre cube d'eau; de même enfin, après avoir défini l'ohm comme égal à 10^9 unités C.G.S. de résistance, on l'a matérialisé dans l'Ohm légal et, en une deuxième approximation, dans l'Ohm international.

En vue d'une telle définition, on devait nécessairement chercher à déterminer, par l'expérience, les écarts existant entre l'échelle définie théoriquement, et les indications thermométriques données par la dilatation des gaz réels. Un travail très étendu, dans lequel se

trouvaient rassemblées pour la première fois toutes les données alors connues concernant les propriétés thermiques des gaz usuels, conduisit M. Weinstein (1), à la suite de M. Jochmann (2), à montrer que, aux températures comprises entre 0° et 100°, les thermomètres à air et à acide carbonique sont en légère avance sur l'échelle thermodynamique; et une recherche expérimentale très précise, exécutée au Bureau international, de 1885 à 1887, par M. P. Chappuis, permit d'établir les divergences existant entre les indications des thermomètres à azote, à hydrogène et à acide carbonique. Rapprochés des conclusions de M. Weinstein, ces résultats conduisirent à admettre que les indications du thermomètre à hydrogène, aux températures usuelles, sont si voisines de l'échelle théorique qu'il était alors impossible d'indiquer le signe de la divergence possible des deux échelles. Ce résultat était d'ailleurs appuyé par les nombreuses expériences ayant mis hors de doute le fait que, de tous les gaz connus à l'époque de ces recherches, l'hydrogène est de beaucoup celui qui s'approche le plus de l'état parfait.

On put dès lors faire un nouveau pas dans l'unification, avec l'idée de fixer, pour l'usage, une échelle thermométrique unique, et de la choisir de telle sorte que, à l'époque plus ou moins éloignée où l'on pourrait établir définitivement l'échelle thermodynamique, les changements à opérer fussent réduits à la plus petite valeur possible. Ces diverses raisons engagèrent le Comité international des Poids et Mesures à adopter pour son Service, sous le nom d'*échelle thermométrique normale*, l'échelle donnée par la variation de pression de l'hydrogène, partant d'une pression initiale de 1^m de mercure à 0°. Cette résolution, prise en 1887, a été sanctionnée par la Conférence générale de 1889.

En prenant cette décision, le Comité et la Conférence n'avaient en vue que le Service des Poids et Mesures, dans lequel les températures à mesurer ne dépassent pas des limites étroites; il n'avait donc pas à se préoccuper des difficultés que pouvait présenter l'emploi de l'hydrogène comme gaz thermométrique aux températures très élevées ou très basses, et sa décision, qui consacrait une nou-

(1) B. WEINSTEIN, *Ueber die Reduktion der Angaben von Gasthermometern auf absolute Temperaturen* (*Metronomische Beiträge*, n° 3, 1881).

(2) JOCHMANN, *Beiträge zur Theorie der Gase* (*Schlömilch Zeitsch. für Math. und Phys.*, t. V, 1860, p. 24).

velle étape dans l'unification des mesures, pouvait être considérée comme irréprochable.

Mais la majorité des physiciens ayant adopté la décision du Comité international, on eut à envisager les inconvénients pratiques que présente l'emploi de l'hydrogène dans certaines conditions particulières. D'une part, il n'est pas de réservoirs connus qui soient susceptibles de conserver l'hydrogène sous pression à des températures élevées; d'autre part, certaines expériences pouvaient faire craindre que, à des températures très basses, la dilatation de l'hydrogène s'écartât sensiblement de celle d'un gaz parfait.

Voyons d'abord quels sont les écarts réels entre l'échelle du thermomètre à hydrogène et l'échelle thermodynamique.

Les perfectionnements récents de la théorie des gaz ont donné beaucoup de sécurité aux calculs relatifs à la question qui nous occupe. Tour à tour, MM. Callendar, Rose-Innes, D. Berthelot, ont abordé le problème, et l'ont traité avec succès. Je me tiendrai aux conclusions de la plus récente de ces recherches, celle de M. Daniel Berthelot, dont je reproduirai ici les conclusions qui nous intéressent particulièrement (1).

Les écarts entre le thermomètre à hydrogène à volume constant (la pression initiale étant 1^m de mercure) et l'échelle thermodynamique sont les suivants (2).

Températures.	Écarts.	Températures.	Écarts.
	deg		deg
-240 ^o	+0,18	+ 100 ^o	0,000
-200	+0,06	+ 200	+0,003
-100	+0,008	+ 300	+0,007
0	0,000	+ 400	+0,013
+ 20	-0,0005	+ 500	+0,02
+ 40	-0,0005	+ 800	+0,04
+ 60	-0,0005	+1000	+0,05
+ 80	-0,0003		

(1) *Travaux et Mémoires*, t. XIII.

(2) Les données relatives aux températures très élevées ne doivent être considérées que comme approximatives. Les écarts sont proportionnels à la pression initiale.

Les quantités positives du Tableau doivent être *ajoutées* aux indications du thermomètre à hydrogène pour les ramener à l'échelle thermodynamique.

Les résultats donnés par M. Berthelot s'arrêtent à l'entrée d'un domaine dont la conquête, réalisée grâce aux admirables travaux de M. Olszewski, de M. Dewar, de MM. Ramsay et Travers, et d'autres physiciens qui avaient préparé les voies, est encore trop récente pour que l'on puisse enregistrer définitivement les résultats des mesures déjà faites dans cette région pittoresquement désignée par M. Dewar comme le nadir des températures. Remarquons cependant que le thermomètre à hydrogène nous conduit au seuil de cette région à une trentaine de degrés du zéro absolu sans présenter encore, par rapport à l'échelle thermodynamique, un écart trop considérable. Mais il ne permettrait pas d'aller beaucoup plus loin sans que les écarts devinssent très sensibles, et d'une nature complexe.

A toutes les températures aisément accessibles à l'expérience, les écarts cherchés sont, au contraire, petits, et tels que, jusqu'ici, aucune mesure de température exprimée dans l'échelle normale n'éprouverait, par sa transformation dans l'échelle thermodynamique, de correction supérieure à sa propre incertitude. Pour l'immense majorité des déterminations métrologiques, les deux échelles pourront rester confondues pendant longtemps encore, et ce n'est que pour certaines déterminations particulièrement délicates que l'on pourra, dans un avenir sans doute encore éloigné, être conduit à distinguer entre elles.

La décision du Comité international, qui créait, pour le Service des Poids et Mesures, une échelle normale, avait paru pleinement justifiée à l'époque où elle a été prise. Les travaux récents ont donné à cette décision une sanction encore plus complète qu'on n'eût pu l'espérer.

Mais la difficulté pratique de l'emploi de l'hydrogène aux températures élevées subsiste tout entière. On peut la tourner, cependant, sans s'écarter pratiquement des définitions acceptées par les physiciens par un emploi judicieux du thermomètre à azote. En effet, il résulte des mesures faites par M. P. Chappuis que la variation de pression exercée par une masse donnée d'azote enfermée dans un volume invariable est représentée, en fonction de la température, par une courbe dont la courbure, notable aux températures basses, diminue de plus en plus lorsque la température s'élève.

Pratiquement, pour une pression initiale de l'ordre d'une atmosphère, la relation est suffisamment linéaire au-dessus de 80° pour que l'on puisse négliger la courbure de la courbe. Si donc on déterminait la valeur du degré pour un thermomètre à azote entre deux températures telles par exemple que 100° et 200° , on pourrait considérer, aux températures plus élevées, les indications du thermomètre à azote comme correctes, dans les limites de précision des meilleures déterminations. Il sera pratique, en particulier, de faire une telle détermination entre la température d'ébullition de l'eau et celle du soufre, cette dernière étant admise à 445° sous la pression atmosphérique normale (1).

Le même résultat serait atteint approximativement par les températures supérieures à 100° si, après avoir déterminé les points fondamentaux comme à l'ordinaire, on abaissait la valeur du zéro de $0,02$ degré. Les températures supérieures à 100° seraient alors remontées de manière à revenir aux indications du thermomètre à hydrogène.

Cette indication contient la règle simplifiée de l'emploi du thermomètre à azote aux températures élevées; mais un procédé de calcul aussi simple ne s'applique pas aux températures basses, où les relations sont loin d'être linéaires; il vaut donc mieux, si l'on veut faire servir le thermomètre à azote à des mesures rigoureuses, calculer les températures à la manière ordinaire, et leur appliquer, pour les ramener à l'échelle thermodynamique, les corrections fournies par la théorie. Les chiffres du Tableau ci-après, établis par M. D. Berthelot, se rapportent au thermomètre à azote sous une pression initiale (à 0°) de 1^m de mercure, ou sous une pression constante d'une atmosphère.

(1) MM. Callendar et Griffiths indiquent $444^{\circ},53$, MM. Chappuis et Harker $445^{\circ},2$; le premier résultat, rapporté à un thermomètre à pression constante, doit être élevé de $0,42$ degré environ pour être ramené à l'échelle normale. Le second doit être, d'une part, élevé de $0,13$ degré pour la même raison, puis légèrement abaissé pour tenir compte d'une correction dans la formule de dilatation de la porcelaine. Il est difficile, en somme, de dire si la température en question est supérieure ou inférieure à 445° ; elle semble n'en pas différer de plus d'un dixième de degré.

Température.	Corrections du thermomètre à azote à	
	volume constant.	pression constante.
°	deg	deg
— 150.....	+0,33	+1,11
— 100.....	+0,125	+0,353
— 50.....	+0,036	+0,093
0.....	0,000	0,000
20.....	— 0,0055	— 0,013
40.....	— 0,0085	— 0,018
60.....	— 0,0079	— 0,017
80.....	— 0,0047	— 0,011
100.....	0,000	0,000
200.....	+0,046	+0,086
300.....	+0,114	+0,209
400.....	+0,194	+0,347
500.....	+0,28	+0,49
800.....	+0,56	+0,95
1000.....	+0,77	+1,26

Les nombres contenus dans le Tableau ci-dessus et dans celui qui se rapporte à l'hydrogène présentent entre eux des écarts dont la valeur est remarquablement confirmée par les résultats des expériences de M. Chappuis, dans tout l'intervalle de température où elles ont été faites.

Aux températures les plus basses, l'hydrogène s'approche aussi de sa liquéfaction, et les indications thermométriques qu'il fournit deviennent incertaines; mais alors il est suppléé par l'hélium, le plus permanent de tous les gaz connus.

Des recherches sur le thermomètre à hélium ont été effectuées par Sir W. Ramsay et par MM. W. Travers, G. Senter et A. Jaquerod. Elles ont donné, par rapport au thermomètre à hydrogène, les écarts suivants :

Températures.	Ecarts.
°	deg
— 260	— 0,20
— 250	— 0,19
— 180	— 0,10

Rapprochant ces nombres de ceux du Tableau relatif à l'hydrogène, on voit que les indications fournies par l'hélium concordent avec l'échelle thermodynamique dans les limites de précision des données actuellement connues, au moins jusqu'à une dizaine de degrés du zéro absolu. Le thermomètre à hélium a été utilisé avec succès jusqu'à 5 degrés du zéro absolu, la plus basse température atteinte jusqu'ici.

L'hélium serait donc le gaz idéal de la Thermométrie, s'il n'était pas très rare et, par conséquent, coûteux à isoler, et s'il ne possédait pas aussi la propriété qui rend l'hydrogène inutilisable aux températures élevées, celle de traverser les parois de tous les réservoirs. Aux températures ordinaires, il ne présente, d'ailleurs, aucun avantage sur l'hydrogène, puisque ce dernier gaz est d'un maniement facile et fournit directement, et sans aucune correction, des indications pratiquement identiques avec celles de l'échelle théorique.

La question de l'échelle normale des températures se présente donc, en résumé, sous la forme suivante : le thermomètre à hydrogène sous volume constant et sous la pression initiale de 1^m de mercure, adopté par le Comité international comme étalon normal des températures, fournit, jusqu'à des températures très basses, des indications qui se confondent pratiquement avec l'échelle thermodynamique : et ce n'est qu'au voisinage des températures les plus basses qui aient été atteintes que les écarts entre l'échelle normale et l'échelle thermodynamique deviennent appréciables. A ces températures, le thermomètre à hélium prolonge, sans discontinuité, le thermomètre à hydrogène et peut lui être substitué avantageusement. Aux températures élevées, le thermomètre à hydrogène, théoriquement parfait, doit être abandonné pour des raisons pratiques. Le thermomètre à azote peut alors prolonger son échelle, soit que ses constantes aient été déterminées par des opérations faites à des températures suffisamment élevées, soit que l'on applique à ses indications les corrections fournies par la théorie.

Le thermomètre à hélium refuse son emploi dans les mêmes régions que le thermomètre à hydrogène ; l'emploi du thermomètre à azote est impossible bien avant les températures basses où l'hydrogène est inutilisable. En somme, aucun gaz ne permet la réalisation d'une échelle unique dans tout l'intervalle des températures que l'on peut obtenir ; pour les besoins de la pratique, il semble indiqué de partager les températures en trois régions dont la première, très

basse, exige l'emploi du thermomètre à hélium; la deuxième, comprenant les températures basses et moyennes, convient au thermomètre à hydrogène, et dont la troisième, plus élevée, commande l'emploi du thermomètre à azote. La supériorité, au point de vue thermométrique, de l'hydrogène ou de l'hélium est de fournir, dans tout le domaine moyen, une échelle matérielle pratiquement identique avec celle que définit la thermodynamique, alors que l'azote ne donne pas cette échelle sans une correction ou un artifice.

Cette particularité constitue un avantage certain, pour l'époque actuelle, de l'emploi des deux gaz très parfaits que l'on possède, et pour lesquels il est à peu près indifférent d'appliquer ou de négliger des corrections encore un peu incertaines et dont la petitesse confine à la limite de précision des meilleures expériences. En revanche, il semble évident que, dans un avenir plus ou moins éloigné, l'unification devra se faire sur l'échelle thermodynamique, obtenue en appliquant les corrections données par la théorie aux indications fournies par divers thermomètres à gaz dans leurs domaines respectifs. Lorsque cette unification définitive s'imposera, on n'aura aucune modification à apporter aux données expérimentales obtenues à notre époque en prenant pour base le thermomètre à hydrogène.

Ainsi, l'échelle normale aura fourni une mesure transitoire parfaite pour tout l'intervalle de températures auquel les physiciens l'ont appliquée, et qui pourra même être indéfiniment conservée pour toute la région moyenne, que le Comité international et la Conférence de 1889 avaient seule en vue en la sanctionnant. Tel ne serait pas le cas de l'échelle de l'azote, qui s'écarte assez de l'échelle normale pour que les mesures précises de notre époque, et plus encore celles de l'avenir, exigent l'application systématique des corrections qu'elle comporte.

2. — MESURES PAR LA VARIATION DE L'INDICE DE L'AIR.

D'autres méthodes que celles fondées sur la variation de volume ou de pression d'un gaz ont été employées, dans ces dernières années, pour la mesure des températures. Il convient de citer tout d'abord la méthode élaborée par M. D. Berthelot, fondée sur la mesure, par des procédés interférentiels, de l'indice de réfraction d'une colonne d'air soumise à la température à mesurer. Cette méthode offre, pour les températures élevées, le grand avantage de ne faire intervenir que la longueur de la colonne gazeuse consi-

dérée, sans que l'on ait à s'occuper de ses dimensions transversales; le tube qui la contient peut donc se déformer par la chaleur sans que la mesure en soit rendue moins précise.

La méthode repose entièrement sur l'idée que le pouvoir réfringent d'un gaz varie comme sa densité. Or, au moment où M. Berthelot entreprit ses recherches, on possédait déjà les expériences faites par M. Mascart relativement à l'effet de la pression, et celles de M. Benoit concernant la température. Ces dernières avaient vérifié la loi avec une approximation remarquable; mais elles n'avaient pas dépassé l'intervalle compris entre 0° et 85°. L'extrapolation jusqu'au delà de 1000° tentée par M. Berthelot était donc assez hardie, et l'on ne pouvait pas admettre, sans vérification, que les indications de la nouvelle méthode concorderaient parfaitement avec celles que fournissent les procédés classiques. La vérification a été faite par la détermination de la température de fusion de l'or.

Laissant de côté les résultats anciens de M. Violle, de M. Barus, de MM. Holborn et Wien, dont la précision est inférieure à celle qui a été atteinte dans ces dernières années, il reste, pour établir la comparaison, les déterminations faites par M. D. Berthelot, en 1898, en se servant de la méthode dont le principe vient d'être indiqué; par MM. Holborn et Day, en 1899, à l'aide d'un thermomètre à azote, à volume constant; enfin par MM. Perrot et Jaquerod, qui ont mesuré les températures au moyen de thermomètres à air, à azote, à oxygène, à oxyde de carbone et à acide carbonique.

En appliquant aux résultats bruts de ces mesures les corrections indiquées par M. D. Berthelot ⁽¹⁾, sa méthode étant considérée comme équivalente à celle du thermomètre à air sous pression constante, on trouve les valeurs respectives suivantes de la température de fusion de l'or :

D'après M. D. Berthelot.....	1065,6 ⁰
» MM. Holborn et Day.....	1064,3
» MM. Perrot et Jaquerod.....	1067,4

Le résultat de M. Berthelot étant compris entre ceux, très voisins, que fournit le thermomètre à variation de force élastique, on est autorisé à conclure que la variation du pouvoir réfringent de l'air

⁽¹⁾ D. BERTHELOT, *Sur le point de fusion de l'or* (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1153; 1904).

est rigoureusement proportionnelle à celle de sa densité, et que les indications thermométriques fournies par la méthode de M. Berthelot, corrigées comme celles d'un thermomètre à gaz à pression constante, sont équivalentes à celles que donne le thermomètre à gaz sous sa forme ordinaire.

3. THERMOMÉTRIE RADIOMÉTRIQUE.

La variation de la densité ou de la force élastique d'un gaz n'est pas le seul phénomène que l'on puisse rapporter de façon simple aux principes de la Thermodynamique. Partant des lois fondamentales des phénomènes du rayonnement établies par Kirchhoff en 1861, MM. Boltzmann, W. Michelson, W. Wien, Planck ont donné, aux formules indiquant la puissance du rayonnement d'un corps noir en fonction de la température et de la longueur d'onde, une forme concrète, conduisant à des conclusions que l'expérience permet de vérifier directement. Les relations les plus importantes dont l'examen puisse être abordé sont les suivantes.

Désignant par $f(\lambda, \theta)$ la fonction qui exprime la puissance du rayonnement d'un corps noir ou radiateur intégral pour toutes les longueurs d'onde λ et toutes les températures absolues θ , on a d'abord la relation connue sous le nom de *loi de Stefan-Boltzmann*,

$$\int_0^{\infty} f(\lambda, \theta) d\lambda = A \theta^4,$$

qui s'exprime en disant que la puissance totale du rayonnement d'un corps noir est proportionnelle à la quatrième puissance de sa température absolue.

Une deuxième relation est contenue dans l'équation

$$\lambda_m \theta = B,$$

dans laquelle λ_m est la longueur d'onde correspondant à la valeur maxima de la puissance de la radiation. C'est la loi du déplacement de Wien.

Enfin, si l'on désigne par P_m la valeur de cette puissance maxima, on aura

$$P_m \theta^{-5} = C.$$

A, B et C sont trois constantes.

Ces relations étant établies par la théorie, il fallait d'abord en vérifier l'exactitude. Cette tâche difficile a été entreprise par MM. Lummer et Pringsheim, dans un ensemble de travaux exécutés à la Reichsanstalt, et qui peuvent être rangés parmi les recherches de physique les plus remarquables de ces dernières années.

Ces habiles expérimentateurs ont réalisé le radiateur intégral théorique, qui n'est autre qu'une enceinte isotherme, fermée de toutes parts, à l'exception d'une très petite ouverture servant à recueillir au dehors l'ensemble des radiations qui se trouvent en équilibre à l'intérieur de l'enceinte. L'instrument de mesure était un bolomètre de forme convenable, bolomètre de surface pour l'examen de la loi de Stefan, spectrobolomètre à récepteur linéaire pour la vérification des deux autres lois.

Le résultat de ces recherches a été la vérification, aussi parfaite qu'on pouvait le désirer, des trois lois en question. En outre, une autre loi a été empiriquement établie, loi photométrique, sans justification théorique il est vrai, mais d'une forme si simple qu'elle a permis à son tour de fonder de bonnes mesures sur son existence.

En possession de ces méthodes nouvelles, MM. Lummer et Pringsheim ont songé à étendre le domaine des températures mesurables jusqu'à des régions inaccessibles à tous les pyromètres existants, en raison des modifications que toute matière y éprouve.

Ayant réalisé un corps noir constitué par un cylindre creux de charbon chauffé à l'aide d'un courant intense, ils ont pu utiliser les valeurs préalablement déterminées des constantes A, B et C pour mesurer, au moyen des trois relations précédemment vérifiées et de la loi photométrique directement établie, la température même à laquelle correspondait le rayonnement observé.

Des mesures fondées sur une seule des lois théoriques du rayonnement auraient été déjà précieuses dans les régions inaccessibles au thermomètre à gaz, parce que, reposant sur des considérations théoriques, vérifiées aussi loin que le thermomètre à gaz a permis d'atteindre, elles auraient prolongé sans discontinuité son échelle par une autre d'une valeur apparente tout aussi réelle. Mais les procédés radiométriques ont gagné singulièrement en valeur par la comparaison qui a été faite des données que fournissent les diverses lois du rayonnement. La température du cylindre, maintenue aussi invariable que possible, était mesurée dans des expériences alternées, et immédiatement consécutives.

Le résultat de ces mesures a été donné dans un récent mémoire; la conclusion en est que, jusqu'au delà de 2000° , les températures déduites des diverses lois utilisées concordent certainement à moins de 5 degrés près.

Si l'on songe qu'il y a dix ans à peine, une précision du même ordre était difficilement obtenue dans la région de 1000° , on reconnaîtra que les résultats des recherches récentes marquent un très grand progrès dans la mesure des températures élevées. Comme les lois sur lesquelles reposent les méthodes nouvelles sont établies avec la même rigueur que celles auxquelles conduit la considération des gaz parfaits, les mesures thermométriques fondées sur le rayonnement du radiateur intégral sont aussi justifiées que celles qui font intervenir les méthodes usitées jusqu'ici. L'échelle radiométrique n'est pas distincte de l'échelle thermométrique; elle se confond avec celle-ci dans le domaine qui leur est commun, et la continue très exactement dans les régions qui lui sont inaccessibles.



ANNEXE III.

LES NOUVEAUX APPAREILS

POUR LA

MESURE RAPIDE DES BASES GÉODÉSIQUES;

Par **MM. J.-René BENOIT,**

Directeur du Bureau,

ET

Ch.-Éd. GUILLAUME,

Directeur-Adjoint.

L'étude minutieuse des procédés rapides de mesure des bases, que nous avons entreprise à la suite de la demande adressée au Comité international par l'Association géodésique internationale réunie à Paris en 1900, nous a conduits à apporter aux procédés inaugurés par M. Jäderin des perfectionnements qui augmentent sensiblement la précision obtenue dans les déterminations géodésiques à l'aide de fils tendus sous un effort constant, en même temps qu'ils rendent leur emploi plus rapide et plus facile en campagne.

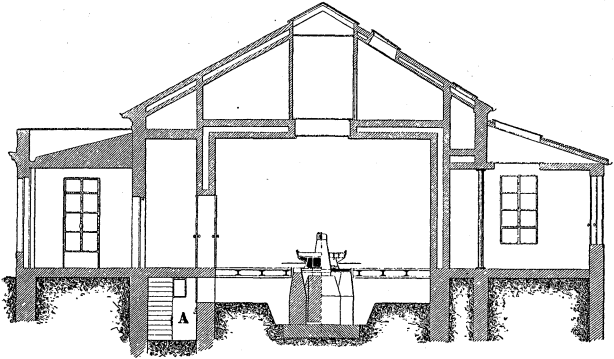
Notre travail s'est divisé de lui-même en deux parties bien distinctes : la première comprend les recherches sur la permanence des fils et sur la précision qu'ils permettent d'obtenir; la seconde se rapporte aux appareils qui les utilisent dans les déterminations géodésiques sur le terrain. Nous dirons, pour n'y plus revenir, que MM. L. Maudet et A. Tarrade nous ont prêté, pour les observations extrêmement nombreuses des fils, leur concours habile et dévoué; et que, pour la réalisation des appareils, la collaboration de M. Carpentier, qui a matérialisé sous une forme pratique et élégante les projets que nous avons établis, nous a permis de mettre à la disposition des géodésiens un matériel qui semble ne plus rien laisser à désirer.

PREMIÈRE PARTIE.

CONSTRUCTION ET ÉTUDE DES FILS.

Méthode d'étude des fils. — Nous n'avons pas à revenir ici sur quelques essais préliminaires, dont il a été rendu compte au Comité international dans des Rapports antérieurs, et qui constituent les tâtonnements inséparables de tout début d'une recherche. Il nous suffira de rappeler que nous avons constitué successivement deux séries de six fils, dont chacune était composée de trois groupes de deux fils, de trois alliages différents : invar à très faible dilatation (fils A); alliage à 49 pour 100 de nickel, à dilatation voisine de celle du platine (fils B); enfin alliage à 22 pour 100 de nickel et 3 pour 100 de chrome, ayant approximativement la dilatation du laiton (fils C). L'emploi simultané de ces trois alliages était destiné, dans notre idée, à contrôler les changements systématiques possibles de l'un ou de l'autre en fonction du temps, et, surtout, à associer aux fils

Fig. 1.



d'invar des étalons de propriétés très différentes, et pour lesquels l'étude préliminaire des alliages, faite au comparateur, avait indiqué des variations séculaires de signes inverses. Ces premières études ont conduit à des résultats si favorables à tous égards aux fils d'invar que, dans la constitution d'une troisième série de six fils, nous nous sommes limités à ce dernier alliage.

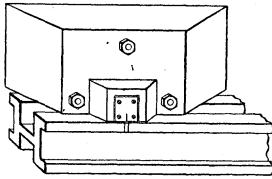
Notre procédé d'étude consiste, on s'en souvient, à rapporter la longueur de tous les fils étudiés à la distance de deux repères fixés contre l'un des murs très épais, limitant un couloir souterrain A (*fig. 1*), protégé par le bâtiment de l'Observatoire du Bureau.

Ces repères sont constitués chacun par une forte embase de bronze, maintenue en place par des tiges de boulons profondément enfoncées dans le mur, et autour desquels on a coulé du ciment; ils portent chacun une plaque de nickel verticale, sur laquelle on a tracé un trait qui atteint son bord inférieur. Les repères extrêmes sont distants de 24^m ; ils comprennent entre eux cinq autres repères, situés à 4^m l'un de l'autre, et définissant, en alignement et nivellement, une ligne droite à 1 ou 2 dixièmes de millimètre près. Un repère supplémentaire, situé à 1^m de distance du dernier, permet la détermination de fils de 25^m , qui est parfois demandée au Bureau. Tous les résultats qui seront reproduits plus loin se rapportent à la longueur de 24^m .

Aux deux extrémités, extérieurement à cette base, on a placé deux poulies, montées sur billes et réglables en hauteur sur une coulisse; des cordes souples, soutenant des poids tenseurs de 10^{kg} , passent dans la gorge de ces poulies.

Mesure absolue, et contrôle de la longueur de la base. — La détermination précise de la distance des repères deux à deux est faite à l'aide d'une règle de 4^m , en invar, portant sur deux de ses bords à angle droit des traits qu'on amène au voisinage de ceux des repères, la surface de ceux-ci et celle de la règle se faisant alors exactement suite (*fig. 2*).

Fig. 2.



La règle, dont les constantes ont été soigneusement déterminées, est portée sur deux rouleaux fixés à des trépieds dont les vis calantes trouvent leur place dans des crapaudines encastrées dans le

béton dont est constitué le sol du couloir. D'autres crapaudines reçoivent les pieds de deux cathétomètres que l'on place en face de deux repères consécutifs, et qui portent des microscopes micrométriques, à l'aide desquels on détermine la position du repère de la base par rapport aux deux traits de la règle, distants d'un demi-millimètre environ, entre lesquels il se trouve compris.

La même détermination est répétée, à titre de contrôle, pour chaque intervalle de deux repères, au moyen de la deuxième longueur marquée sur une autre face de la règle.

Les déterminations absolues de la base ont lieu deux ou trois fois par an. La comparaison des fils avec cette base est faite au moins une fois par semaine, et souvent deux ou trois fois.

Après deux années de mesures préliminaires, nous avons pu prendre, comme point de départ de nos déterminations, l'hypothèse suivante, devenue de plus en plus probable à mesure que notre travail se consolidait par le nombre et l'étendue de nos opérations. Des fils convenablement étuvés, et ayant subi une série de manipulations propres à faire disparaître les tensions mécaniques résultant du tréfilage, constituent, par leur ensemble, entre deux déterminations absolues de notre base murale, un témoin suffisamment permanent pour que la longueur de cette dernière puisse être établie avec sécurité par sa comparaison avec ces fils. Le mode opératoire fondé sur cette hypothèse consiste d'abord à rapporter tous les fils étalons à la base dans les jours qui précèdent et qui suivent immédiatement les mesures absolues de cette dernière, ce qui donne la valeur absolue des fils; puis à déduire dans la suite la valeur de la base de celle des fils, jusqu'à l'époque d'une nouvelle détermination absolue.

La base, en effet, se modifie avec le temps, et l'on ne peut pas plus lui attribuer une longueur fixe qu'on ne peut considérer comme constante la distance des deux microscopes d'un comparateur; et, tout comme, dans un comparateur, on n'emploie les microscopes que pour fournir une longueur inconnue, mais suffisamment constante pendant un temps très court, de même on considère la longueur de la base comme constante pendant le temps très court qui s'écoule entre son repérage au moyen des fils étalons et son utilisation pour la détermination des fils que l'on étudie. La seule différence est que, en général, les opérations au comparateur ne font intervenir que deux étalons à la fois, tandis que les mesures sur la base utilisent

un certain nombre de fils de contrôle, et s'appliquent immédiatement à un certain nombre de fils à l'étude.

Bien que variable, la longueur de la base comporte cependant un contrôle très précieux : ses variations sont une fonction à peu près définie de la température, dont le coefficient a pu être déterminé par des observations de plusieurs années, et qui permet de calculer, pour chaque jour d'observation, une deuxième valeur de la longueur de la base déduite uniquement de la température donnée par des thermomètres enfoncés dans la muraille. Au bout d'un certain temps, ces deux valeurs discordent en général d'une petite quantité; mais les écarts suivent une marche continue, et restent souvent constants pour une période de plusieurs semaines ou même de plusieurs mois. Cette constance est une garantie de la précision des mesures, et permet d'appliquer, avec sécurité, les valeurs trouvées à la détermination des longueurs de fils inconnus. Nous donnerons, dans la suite, des exemples numériques à l'appui des faits qui viennent d'être rapidement esquissés.

Mesure de la dilatation des fils. — Des expériences répétées ayant montré que chaque coulée d'invar constitue un ensemble d'une remarquable homogénéité, dont toutes les parties possèdent une dilatabilité pratiquement identique, on peut se borner à adopter, pour tous les fils, la dilatation trouvée sur un échantillon issu de la même opération. Cette dilatation doit être déterminée dans les conditions mêmes de l'emploi des fils, c'est-à-dire sous un effort de traction de 10^{kg} ; ce n'est pas alors la dilatabilité vraie de l'alliage que l'on mesure, mais une valeur modifiée par les déformations élastiques qui, comme on sait, sont pour l'invar de moins en moins grandes à mesure que la température s'élève, contrairement à ce qui se passe pour les autres métaux ou alliages; la dilatation de l'invar sous traction est ainsi plus faible que la dilatation libre.

Pour la mesure de la dilatation, l'échantillon choisi est supporté par une règle d'invar, à une des extrémités de laquelle il est fixé, tandis qu'il est tendu, à l'autre extrémité, par un ressort comprimé sous un effort de 10^{kg} .

La barre est choisie de façon à posséder une dilatation un peu supérieure à celle qui est présumée pour le fil, pour que le ressort soit un peu plus comprimé aux températures élevées qu'aux températures basses, ce qui compense en partie la variation du module d'élasticité du ressort d'acier. Le fil porte deux petites plaques

d'invar, sur lesquelles on a tracé des traits de repère, qui permettent de faire les mesures exactement comme pour une règle, en se servant du comparateur à dilatation.

Depuis plus de deux ans, tous les fils de nouvelle construction que nous avons eu à étudier ont été pris dans deux opérations faites à Imphy, et pour lesquelles nous avons trouvé les dilatations (moyennes entre 0° et t° , c'est-à-dire $\alpha + \beta t$) données par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Coulée n}^\circ 259 \dots\dots\dots & (+ 0,028 - 0,00232t) 10^{-6} \\ \text{» } 617 \dots\dots\dots & (+ 0,468 - 0,00400t) 10^{-6} \end{aligned}$$

Ces deux formules ont été déduites respectivement des mesures données dans les Tableaux qui suivent; les nombres de la troisième colonne sont les différences entre la distance des traits marqués sur les plaques fixées au fil et la valeur de la Règle n° 13, en platine iridié, du Bureau.

Fil n° 259.

Numéros des mesures.	Températures.	Fil — [13].	δ .
	0		
4.....	0,820	+ 183,25	— 0,03
5.....	7,083	+ 130,22	+ 0,38
3.....	15,603	+ 54,21	— 0,99
2.....	22,583	— 5,45	+ 0,75
6.....	30,231	— 71,31	+ 0,01
1.....	37,720	— 139,50	— 0,12

Fil n° 617.

Numéros des mesures.	Températures.	Fil — [13].	δ .
	0		
6.....	0,250	+ 186,65	— 0,11
1.....	7,965	+ 124,26	+ 0,46
5.....	15,323	+ 63,83	— 0,08
2.....	22,203	+ 4,59	— 1,23
4.....	29,578	— 54,73	+ 1,77
3.....	37,375	— 122,93	— 0,49

Les mesures sont données ici par ordre de températures croissantes; les numéros indiquent leur ordre chronologique.

Les erreurs résiduelles, sensiblement plus fortes que dans les mesures faites sur une règle, montrent, comme on devait s'y attendre, que les résultats sont un peu moins précis. De plus, le fil n° 259 a manifesté, par la marche des écarts, une tendance à un allongement progressif, qui semble avoir atteint près de 2μ pendant les mesures qui ont duré six jours; il en a été tenu compte dans l'établissement de la formule de dilatation.

Pour la suite, il nous a paru préférable de libérer entièrement le résultat du résidu non compensé de l'élasticité du ressort, et d'effectuer la tension du fil à l'aide d'un poids agissant sur un levier coudé dont l'axe est porté par une potence fixée à une extrémité de la règle. C'est cet appareil qui servira de support dans les études que nous aurons à faire à l'avenir.

Les formules de dilatation sont appliquées à la réduction, à une température commune, de la valeur des fils résultant de l'observation immédiate. Pour diminuer autant que possible la valeur numérique de cette réduction, nous avons choisi 15° , comme température de repère, et tous les Tableaux que l'on trouvera plus loin donneront les valeurs des fils ramenés à cette température.

Le coefficient de réduction (coefficient vrai, $\alpha + 2\beta t$) au voisinage de 15° est, pour le fil n° 259, égal à $-0,042 \times 10^{-6}$ ou $-1\mu,0$ par degré pour 24^m ; pour le fil n° 617, il est de $+0,348 \times 10^{-6}$ ou de $+8\mu,3$ par degré pour 24^m . Une erreur de 1 degré entraînerait, dans le calcul de la longueur du premier fil, un écart de $\frac{1}{24000000}$ de sa valeur; pour le second, il serait de $\frac{1}{30000000}$ environ, alors que, pour l'acier ordinaire, il serait supérieur à $\frac{1}{1000000}$.

L'incertitude qui règne sur la détermination des dilatations est presque de l'ordre de grandeur des variations trouvées pour le premier fil, qui est issu d'une coulée exceptionnellement bien réussie, et qu'on peut à peine espérer reproduire autrement que par hasard; nous croyons être certains, en revanche, de pouvoir obtenir, des aciéries d'Imphy, des fils un peu moins dilatables que le dernier, qui l'est cependant déjà trente fois moins que l'acier ordinaire.

Les observations faites dans le cours de l'année sur notre base murale du sous-sol, et, plus encore, celles qui ont été effectuées en plein air, nous ont permis, par le fait des variations de la température ambiante, de contrôler l'égalité de dilatation des fils issus d'une même coulée; et, dans les plus grands écarts de la température,

qui ont atteint une vingtaine de degrés, il a été impossible de trouver l'indice d'aucune différence systématique permettant de conclure que la dilatation de ces fils présente une différence appréciable.

Nous pouvons utiliser en revanche les variations de la température extérieure pour déterminer la dilatation de fils qui nous sont envoyés par des Services géodésiques, et qui proviennent d'une opération qui nous est inconnue. C'est ainsi par exemple que nous avons opéré pour le fil O de la Section géographique de l'État-Major de l'Armée serbe, qui avait été construit par MM. Ahlberg et Ohlson, à Stockholm.

Les comparaisons, faites par l'intermédiaire de notre base extérieure, avec neuf fils de dilatation connue, ont donné les résultats suivants :

Dates.	Températures.	Fil — 24 ^{mm} .	δ .
9 mai 1904.....	13,3 ^o	+0,45 ^{mm}	+0,03 ^{mm}
2 »	13,4	+0,42	-0,01
11 »	15,4	+0,45	+0,01
21 »	15,6	+0,45	-0,01
18 »	16,4	+0,48	0,00
3 »	16,9	+0,44	-0,05
20 »	17,2	+0,49	0,00
19 »	17,4	+0,53	+0,03
13 »	20,1	+0,58	+0,04
16 »	26,4	+0,64	-0,01

On déduit de ces comparaisons une dilatation moyenne de +0^{mm},0173 par degré (1) ou de +0^µ,719 par degré et par mètre entre 13° et 26°. Ces valeurs sont beaucoup moins certaines que celles que donne le comparateur, mais permettent cependant des réductions très approchées, comme le montrent les erreurs résiduelles.

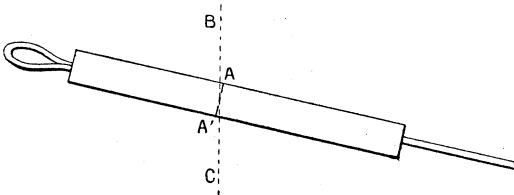
(1) Cette dilatation comprend, outre celle du fil, la variation supplémentaire des réglettes de laiton qui le terminent; pour les longueurs comprises entre les zéros des réglettes, cette dilatation est de 2^µ,9 par degré; celle du fil serait donc seulement +0^{mm},0144, ou de +0^µ,60 par mètre et par degré.

Règles de construction des fils. — Il est essentiel que, dans le passage de l'état de couronne enroulée à celui de complète extension, le fil reste dans les limites de la déformation élastique. Or l'expérience a montré que ce résultat est obtenu, si l'on passe (pour un fil d'invar bien écroui, de 1^{mm},6 à 1^{mm},7 de diamètre) d'un rayon de courbure de 25^{cm} au rayon pratiquement infini du fil tendu; tandis que, si le rayon d'enroulement est sensiblement inférieur à la valeur ci-dessus, le fil éprouve, avec le temps, des déformations bien sensibles.

Pour réaliser les meilleures conditions de construction, le fil est amené, dès le tréfilage aux aciéries d'Imphy de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, sur un tambour de 50^{cm} de diamètre, qui, étant donnée l'élasticité de l'alliage, laisse la couronne s'étendre ensuite sur un diamètre légèrement plus fort, qui devient son diamètre naturel; ainsi, dans l'enroulage sur 50^{cm}, qui est fait ultérieurement, ou dans la rectification qu'il subit pour des mesures, le fil éprouve une déformation de signe inverse, mais qui reste purement élastique.

Pour l'opération de l'étuvage, le fil est enroulé également sur une chaudière de 50^{cm} de diamètre, sur laquelle il reste exposé, pendant deux à trois mois, à une température graduellement décroissante, depuis 100° jusque vers 20°; il est livré sur ce même diamètre minimum de 50^{cm} aux constructeurs pour l'ajustage des réglettes; et les consignes les plus strictes sont données aux ouvriers chargés de

Fig. 3.



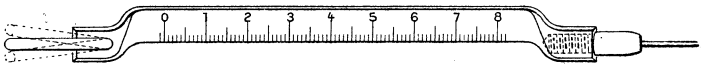
ce travail pour qu'en aucun moment le fil ne se trouve enroulé sur un diamètre plus petit. Enfin, les tambours destinés au transport des fils achevés sont encore établis au même diamètre, ou même à un diamètre un peu supérieur.

Aux deux extrémités du fil sont fixées des réglettes d'invar, di-

visées en millimètres, et dont on applique l'arête contre les repères dont on veut mesurer la distance. Or, les conditions de l'éclairage peuvent obliger, en campagne, à donner à la face portant la division des inclinaisons diverses. De plus, la disposition de notre base murale exige que la comparaison soit faite avec la division des réglottes tournée vers le haut, alors qu'en campagne celle-ci est en général dirigée plus ou moins obliquement vers le bas. Les tangentes aux extrémités du fil tendu normalement étant elles-mêmes inclinées d'un angle $\alpha = 0,024$ sur l'horizon, il en résulte que les extrémités des mêmes traits présentent entre elles des distances différentes, dans les diverses opérations de la détermination ou de l'emploi du fil, si ces extrémités n'aboutissent pas à une arête prolongeant l'axe du fil lui-même. Les différences que l'on peut ainsi constater sont loin d'être négligeables. La valeur indiquée ci-dessus pour l'inclinaison sur l'horizontale montre, en effet, qu'un point éloigné de 5^{mm} de l'axe décrit, en tournant autour de ce dernier, une demi-circonférence, qui l'amène à occuper, dans les deux directions supérieure et inférieure, des positions A, A' (fig. 3), situées à $0^{\text{mm}},24$ de part et d'autre du plan vertical BC définissant la position du point correspondant de l'axe du fil. La somme des déplacements aux deux extrémités est donc de $0^{\text{mm}},48$ ou $\frac{1}{500000}$ de la longueur du fil.

On évite complètement cette cause d'erreur considérable en disposant les réglottes de manière à ce que leur arête divisée prolonge l'axe du fil. La figure 4 représente une des réglottes dont nous avons

Fig. 4.



établi la forme de manière à répondre à cette condition. La liaison avec le fil est obtenue par l'intermédiaire d'une petite pièce cylindrique dans laquelle le fil est vissé à fond, puis rivé par derrière. La pièce elle-même est ensuite vissée à fond dans la réglotte, et fixée par une goupille qui coupe à moitié le pas de vis.

Vérifications relatives à la forme des réglottes. — Pour contrôler les données du calcul, nous avons établi, contre le mur extérieur de l'Observatoire du Bureau, deux potences en fonte, solidement bou-

lonnées dans la muraille, et portant des repères identiques à ceux des appareils servant en campagne et qui seront décrits plus loin; les réglottes sont amenées, pour les comparaisons, sur les repères de cette base avec leur arête divisée dirigée vers le bas.

Dans ces comparaisons, souvent répétées, les fils sont pris consécutivement en deux séries d'ordre inverse, pour éliminer la faible variation continue de la base; ces comparaisons sont encadrées par des mesures faites sur la base du sous-sol. Entre les séries d'opérations, les fils ne sont pas enroulés; ils sont retirés du couloir souterrain, ou y sont réintroduits par un soupirail. L'opération est ainsi très rapide.

Les comparaisons ont porté soit uniquement sur des fils munis de réglottes du modèle qui vient d'être décrit, soit sur des séries mixtes, comprenant des fils de construction ancienne, où l'arête divisée se trouvait à 5^{mm} environ de l'axe.

Nous avons d'abord comparé entre eux, à cinq reprises différentes, cinq fils construits par M. Démichel, et quatre construits par M. Carpentier, tous munis des nouvelles réglottes.

Les divers fils ont fourni pour la différence des deux bases (Base extérieure — Base du sous-sol) les valeurs suivantes, moyennes des cinq journées d'observation :

Fils			Fils		
Démichel.	Différences.	δ .	Carpentier.	Différences.	δ .
	^{mm}	^{mm}		^{mm}	^{mm}
A ₂₆	—0,33	+0,06	N° 1	—0,42	—0,03
A ₂₇	—0,46	—0,07	N° 2	—0,36	+0,03
A ₃₂	—0,40	—0,01	N° 3	—0,38	—0,01
A ₃₇	—0,38	+0,01	N° 4	—0,40	+0,01
A ₃₉	—0,38	+0,01	Moy ...	—0,39	±0,02
Moy ...	—0,39	±0,03			

Pour les différentes journées d'observation, on a trouvé, pour la différence des deux bases, évidemment variable avec la température, les nombres ci-après :

Dates.	Fils.		D. — C.
	Démichel.	Carpentier.	
1904.			
	mm	mm	mm
16 mai.....	—0,31	—0,35	+0,04
18 ».....	—0,42	—0,43	+0,01
19 ».....	—0,37	—0,36	—0,01
20 ».....	—0,41	—0,38	—0,03
21 ».....	—0,44	—0,45	+0,01
Moy...	—0,39	—0,39	±0,02

Si les observations étaient sans erreurs, les différences D. — C. devraient être constantes; leurs écarts montrent le degré de précision avec lequel la comparaison des deux bases a été faite. Si l'on considère qu'il s'agit de la différence de deux groupes de comparaisons, dont on compare les différences obtenues par deux séries de fils, on reconnaîtra que ces écarts n'ont rien d'exagéré, et peuvent même être considérés comme très petits, puisqu'ils sont inférieurs, en moyenne, au millionième de la quantité mesurée. Ces nombres indiquent l'échelle de précision des mesures; et, en l'appliquant au Tableau qui précède, on voit que les différences entre les fils Carpentier rentrent dans les mêmes limites, tandis que celles des fils Démichel en sortent d'une très petite quantité.

Cette supériorité dans la concordance obtenue par les fils Carpentier, par rapport aux fils Démichel, nous semble être une conséquence de la construction plus parfaite des premiers. Il ne semble pas, d'ailleurs, qu'il y ait rien de systématique dans les écarts fournis par les deux groupes de fils, puisque la différence des deux bases a été trouvée identique par les deux moyennes. Il est même très remarquable qu'une concordance aussi bonne puisse ressortir d'observations faites à l'œil nu sur une division millimétrique. La raison en est sans aucun doute dans le nombre considérable des observations desquelles les résultats ci-dessus ont été déduits; cette comparaison utilise, en effet, un ensemble de plus de 3000 lectures. Tous les résultats que nous mentionnerons dans la suite ont été d'ailleurs aussi appuyés sur un ensemble de même importance relative, et le travail entier sur plus de 150 000 lectures.

Les écarts constatés entre les fils Démichel paraissent réels. Cette opinion est d'autant plus légitime qu'ils ont été retrouvés, sinon

identiques, du moins très semblables, dans une autre série de comparaisons dont il sera question dans un instant.

Une direction défectueuse de la dernière section du fil, entraînant celle de la règlette, expliquerait en partie les divergences trouvées; cependant, nous n'avons pas pu établir de relation bien certaine entre ce défaut du fil et les écarts constatés. Une illusion d'optique, conduisant à prolonger inconsciemment les traits au delà du bord de la règlette, et les différences d'éclairage et de position des observateurs dans les lectures faites sur les deux bases, peuvent aussi occasionner de petites erreurs.

Ces considérations ont, d'ailleurs, surtout une valeur rétrospective et théorique, puisque, d'une part, les fils de très bonne construction ne présentent plus d'écarts notables, et que, d'autre part, ces écarts s'éliminent sur la moyenne d'un certain nombre de fils de construction un peu moins parfaite. Or, pour bien des raisons, aucune mesure ne devra être faite en campagne sans que l'on soit pourvu de plusieurs fils se contrôlant mutuellement.

Nous avons essayé de nous documenter mieux sur cette question, en renouvelant les comparaisons au moyen des 6 fils d'invar récemment construits pour le contrôle permanent de notre base murale du sous-sol.

Un premier groupe de cinq comparaisons, faites du 25 juin au 2 juillet 1904, a donné, pour la différence des deux bases :

Fils.	Différences.	δ .
	^{mm}	
A ₆	—0,36	—0,03
A ₇	—0,36	—0,03
A ₈	—0,31	+0,02
A ₉	—0,30	+0,03
A ₁₀	—0,35	—0,02
A ₁₁	—0,33	0,00
	—0,33	±0,02
Moy.....	—0,33	±0,02

La direction des règlettes a ensuite été révisée très soigneusement, et, au besoin, légèrement retouchée, afin que la tangente à l'extrémité du fil tendu eût, par rapport à l'horizontale, l'inclinaison indiquée par la théorie, inclinaison telle que, dans une rotation autour de son axe longitudinal, l'arête divisée conserve toujours la même

position. Nous avons obtenu alors, entre le 4 et le 18 juillet, les valeurs suivantes de la différence moyenne des deux bases, de plus en plus petite à mesure que montait la température extérieure :

Fils.	Différences.	δ .
	<small>mm</small>	
A ₆	—0,23	—0,02
A ₇	—0,17	+0,04
A ₈	—0,22	—0,01
A ₉	—0,20	+0,01
A ₁₀	—0,22	—0,01
A ₁₁	<u>—0,23</u>	<u>—0,02</u>
Moy.....	—0,21	$\pm 0,02$

Il semble bien que, entre les deux séries d'opérations, les valeurs relatives des fils, observés dans les positions inverses des réglettes, se soient légèrement modifiées; pour cinq des fils, la concordance s'est améliorée, mais le fil A₇ ramène la moyenne des écarts sensiblement à sa précédente valeur. Il s'agit d'ailleurs de quantités très petites, en moyenne inférieures au millionième, et qu'il est difficile de garantir.

La comparaison avec des fils d'ancienne construction, à réglettes non échancrées, a donné des résultats bien différents. Nous nous sommes servi, pour établir la différence moyenne des deux bases, des 5 fils Démichel dont il a été déjà question, et nous avons déterminé, en partant de cette relation entre les bases, la correction de 4 fils, A₁₃ à A₁₆, appartenant à l'Institut géodésique prussien, et qui ont servi dans la mesure d'une base à Schubin, dans la Prusse orientale. Les différences des deux bases (moyennes de cinq journées d'observations), trouvées par ces deux séries de fils, sont données ci-après :

Fils nouveaux.			Fils anciens.		
Fils.	Différences.	δ .	Fils.	Différences.	δ .
	<small>mm</small>			<small>mm</small>	
A ₂₆ ...	—0,60	+0,04	A ₁₃ ...	—1,08	+0,05
A ₂₇ ...	—0,69	—0,05	A ₁₄ ...	—1,07	+0,06
A ₃₂ ...	—0,62	+0,02	A ₁₅ ...	—1,15	—0,02
A ₃₇ ...	—0,64	—0,00	A ₁₆ ...	<u>—1,22</u>	<u>—0,09</u>
A ₃₉ ...	<u>—0,67</u>	<u>—0,03</u>	Moy.	—1,13	$\pm 0,05$
Moy.	—0,64	$\pm 0,03$			

Les fils à réglettes droites donnent, conformément aux indications de la théorie, une valeur plus faible de la base extérieure, comparée à celle du sous-sol, que celle qu'indiquent les fils à réglettes échan-crées ; la différence moyenne est de $0^{\text{mm}},48$, nombre identique à celui que donne le calcul appliqué aux dimensions réelles des anciennes ré-glettes, et très semblable aussi à celui ($0^{\text{mm}},46$) qui avait été trouvé autrefois par le retournement des fils bout pour bout (et par con-séquent des réglettes de haut en bas) sur la base du sous-sol.

Il est intéressant de remarquer que les écarts individuels pour les fils anciens sont les plus forts que nous ayons constatés jusqu'ici. Ces écarts dépassent très sensiblement les erreurs possibles des observations, fait que confirment pleinement des comparaisons faites à Potsdam.

Les différences entre les valeurs de chacun de ces fils et leur moyenne, obtenues par les observations faites sur la base du sous-sol, sont données, en effet, par la première colonne significative du Tableau ci-dessous, tandis que la deuxième colonne contient les va-leurs relatives sur la base extérieure ; la troisième colonne, enfin, reproduit les nombres relatifs trouvés à Potsdam, tels qu'ils nous ont été communiqués par le Professeur E. Borrass, de l'Institut géodésique prussien.

Valeurs individuelles des fils rapportées à leur moyenne.

Fils.	Mesures faites		
	sur la base murale		à Potsdam.
	du sous-sol.	extérieure.	
	mm	mm	mm
A ₁₃	— 0,35	— 0,40	— 0,39
A ₁₄	+ 0,02	— 0,04	— 0,04
A ₁₅	— 0,18	— 0,16	— 0,19
A ₁₆	+ 0,51	+ 0,60	+ 0,63

Les différences relatives trouvées dans les mêmes conditions d'ob-servation sont donc pratiquement identiques, puisqu'elles ne dif-fèrent pas, en moyenne, de 1 millionième de la longueur mesurée. Cette concordance est d'autant plus remarquable que les mesures se sont trouvées séparées par un intervalle de temps de plus de huit mois, les mesures de Potsdam ayant été faites en août 1903,

celles de Sèvres en mai 1904. Entre ces mesures, les fils ont été soumis à plusieurs enroulages et déroulages, et ont subi les trépidations d'un voyage. Les écarts des première et troisième colonnes sont notables au contraire, et dépassent certainement les limites des erreurs d'observation.

Détermination du coefficient de dilatation de la base du sous-sol. — Les manipulations nombreuses auxquelles nous avons soumis les fils de notre première série, dans le courant de l'automne 1902, ont provoqué, ainsi qu'il a été dit dans le Rapport sur les travaux du Bureau, présenté au Comité international dans sa session de 1903, des variations irrégulières de plusieurs de ces fils, qui ont rompu la régularité des séries de mesures, et ne nous ont permis, pour effectuer le calcul de la dilatation de la base, d'utiliser que les observations postérieures aux premiers jours de décembre 1902. La rupture d'un fil, survenue le 31 octobre 1903, a interrompu de nouveau les mesures, et nous a obligés à traiter séparément les résultats compris entre le 9 décembre 1902 et le 24 octobre 1903 d'une part, et ceux qui ont été obtenus du 7 novembre 1903 au 20 juillet 1904, date à laquelle les fils des anciennes séries ont été abandonnés pour le contrôle permanent de la base, et remplacés par les six nouveaux fils d'invar.

Pour ces deux intervalles de temps, nous avons ordonné les observations par ordre de températures croissantes, puis nous les avons groupées en moyennes de trois ou de quatre observations hebdomadaires à des températures voisines. Les deux périodes utilisées comprennent au moins un maximum ou un minimum de la température, de telle sorte que les variations séculaires du mur sont en partie éliminées du résultat. Les deux Tableaux qui suivent contiennent les valeurs trouvées pour la différence moyenne entre la base et les fils, ramenés toujours à 15°, correspondant aux températures de la base indiquées dans la première colonne. La dernière colonne donne les erreurs résiduelles.

Observations du 9 décembre 1902 au 24 octobre 1903.

Température.	Base — fils.	δ .
0	mm	mm
9,74	+0,53	+0,05
9,94	+0,55	+0,04
10,03	+0,57	+0,05

Observations du 9 décembre 1902 au 24 octobre 1903 (suite).

Température.	Base — fils.	δ .
^o	^{mm}	^{mm}
10,27	+0,49	-0,08
10,50	+0,55	-0,06
10,97	+0,69	+0,01
13,20	+1,06	-0,05
13,44	+1,14	-0,01
14,49	+1,37	+0,03
14,85	+1,43	+0,02
15,14	+1,45	-0,01
15,56	+1,55	+0,01
15,86	+1,60	+0,01

La dilatation qui s'en déduit est de $0^{\text{mm}},183$ par degré pour 24^{m} .

Observations du 7 novembre 1903 au 20 juillet 1904.

Température.	Base — fils.	δ .
^o	^{mm}	^{mm}
8,40	+0,59	+0,02
8,68	+0,65	+0,03
9,64	+0,80	+0,01
10,13	+0,86	-0,01
10,34	+0,92	+0,01
10,87	+1,05	+0,05
11,04	+1,02	-0,02
11,76	+1,12	+0,03
12,46	+1,26	-0,02
13,08	+1,29	-0,09
14,11	+1,52	-0,04
14,72	+1,67	-0,01
15,53	+1,82	0,00
16,12	+1,97	+0,05
16,58	+2,05	+0,05

D'après cette deuxième série, la dilatation serait de $0^{\text{mm}},174$ par degré.

Combinant ces deux séries avec des poids proportionnels à l'intervalle de température qu'elles ont utilisé, on trouve, pour la dilatation de la base,

$0^{\text{mm}},178$ par degré,

valeur correspondant au coefficient de dilatation $7,41 \times 10^{-6}$, ou à une variation de $7^{\mu}, 41$ par degré et par mètre.

Parallélisme des valeurs de la base fournies par les fils et de ses valeurs calculées. — Ainsi qu'il a été dit précédemment, les valeurs de la base déduites de la comparaison avec les fils sont toujours mises en regard des nombres qui résultent du calcul établi sur la connaissance de la température de la muraille et de son coefficient de dilatation. Pour ne pas surcharger inutilement ce Rapport de l'énorme quantité de chiffres que comporte cette comparaison, nous limiterons à la période récente, où nous avons eu en service les six fils d'invar constituant notre troisième série; et même, pour cette période, nous ne reproduirons que les observations faites dans la dernière semaine de chaque mois, où nous avons également comparé à la base les onze fils restant de nos deux précédentes séries. Les observations comprises dans la période du 4 au 20 juillet 1903 se sont composées, pour chaque fil, de dix séries de 40 observations, soit 400 observations par fil et 6800 observations pour l'ensemble des dix-sept fils. Elles ont servi à établir la relation entre les fils et la base, à l'époque de la mesure absolue (7 et 8 juillet). Ces observations ont été ramenées à 15° , en tenant compte du coefficient de dilatation de la base, dont la température est restée comprise, dans cette période, entre $14^{\circ}, 6$ et $16^{\circ}, 7$. La valeur portée au Tableau, pour cette date moyenne, est celle qui est résultée de la détermination absolue de la base. Les valeurs suivantes sont obtenues comme il a été dit.

Valeurs de la base — 24 ^m .				
Dates.	Tempé- ratures.	d'après 11 fils		calculée.
		divers.	d'invar.	
	^o	^{mm}	^{mm}	^{mm}
1904. 4-20 juil.....	15,00	+2,64	+2,64	+2,64
23 août.....	16,47	+2,85	+2,87	+2,89
24 sept.....	14,71	+2,59	+2,58	+2,59
31 oct.....	12,75	+2,31	+2,33	+2,24
26 nov.....	10,15	+1,89	+1,84	+1,78
31 déc.....	8,30	+1,65	+1,62	+1,45
1905. 28 janv.....	6,95	+1,42	+1,40	+1,21
25 fév.....	8,26	+1,55	+1,54	+1,44
25 mars.....	9,49	+1,78	+1,76	+1,66
29 avril.....	10,18	+1,87	+1,88	+1,78
27 mai.....	11,00	+1,99	+2,02	+1,97

Les chiffres fournis par les deux séries de fils montrent un parallélisme tout à fait remarquable. Après un intervalle de près de dix mois, ils donnent encore des valeurs de la base identiques au millionième, et une seule différence, pendant toute cette période, dépasse accidentellement le cinq cent millième. Nous reviendrons plus loin sur cette concordance.

Si nous examinons maintenant les écarts entre les valeurs de la base données par les fils et ses valeurs calculées par sa température, nous constatons que, jusqu'à la fin de septembre (les observations hebdomadaires indiquent jusqu'au milieu d'octobre), l'accord est complet. Puis la base mesurée reste au-dessus des valeurs calculées, avec un écart maximum de $0^{\text{mm}},2$ en janvier. Depuis lors, la différence est allée en diminuant, pour n'être plus, à l'époque des dernières mesures, que de $0^{\text{mm}},05$.

Ces différences peuvent être interprétées de deux façons; on peut penser, d'une part, que le coefficient de dilatation déduit, pour le mur, des précédentes observations, certainement moins bonnes que les dernières, a été trouvé un peu trop fort. On compenserait, en effet, presque entièrement toutes les différences en admettant un coefficient de dilatation égal à $0^{\text{mm}},164$ pour 24^{m} , qui est de 8 pour 100 inférieur à celui qui est résulté de nos précédentes comparaisons. Ou bien, on peut admettre, d'autre part, que le mur a subi une variation différente des changements simplement thermiques, dans le sens d'un retrait inférieur au retrait normal. Il suffirait, par exemple, de supposer qu'il s'est produit dans le mur une déformation mécanique, due à l'action des parties extérieures, de l'ordre de 1 à 2 dixièmes de millimètre, pour expliquer toute la divergence constatée. Dans les précédentes déterminations, on n'avait jamais atteint une température aussi basse que dans cette dernière période; d'ailleurs, nous avons observé, en notant les changements de la température extérieure, que le mur subit parfois des variations qui en dépendent, et qui ne sont pas complètement expliquées par les températures mesurées dans le sous-sol.

De telles variations n'ont lieu ni de nous surprendre, ni de nous inquiéter. Les chiffres ci-dessus nous montrent des périodes de deux à trois mois pendant lesquelles la différence entre les valeurs mesurées et calculées du mur est restée constante au millionième près. C'est plus qu'il n'en faut pour nous permettre d'affirmer que nos comparaisons, faites à l'aide du mur, présentent une parfaite

continuité; et qu'il n'y a aucun danger, pour l'exactitude des résultats, à laisser s'écouler quelques heures, ou même quelques jours, entre la vérification de la valeur de notre base au moyen des fils du Bureau, et l'utilisation de cette valeur pour la détermination d'autres fils.

Stabilité relative des fils, déduite de leurs comparaisons. — Nous venons, à propos de la vérification de la base au moyen de deux séries de fils de constitution très différente, de montrer le remarquable accord qu'ils ont conservé entre eux pendant une longue période. Mais il s'agit ici, pour chaque groupe, d'un certain nombre de fils, pour lesquels on peut penser qu'il s'est produit une compensation des variations.

Cependant, si nous prenons individuellement les fils, l'accord n'est guère moins parfait. Nous avons rassemblé en effet, dans le Tableau suivant, dans lequel sont condensées 7800 lectures, les valeurs relatives de chacun de nos nouveaux fils, rapportées à leur moyenne et groupées par périodes de cinq comparaisons consécutives.

Dates.	Fils.					
	A ₆ .	A ₇ .	A ₈ .	A ₉ .	A ₁₀ .	A ₁₁ .
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1904. 16-20 juillet....	-0,30	+0,04	-1,00	-0,92	+0,23	+1,97
25 juillet-3 sept..	-0,29	+0,05	-1,03	-0,94	+0,25	+1,98
10 sept.-8 oct...	-0,27	+0,02	-1,05	-0,91	+0,23	+1,99
15 oct.-12 nov...	-0,31	+0,04	-1,06	-0,91	+0,25	+2,00
19 nov.-17 déc...	-0,30	+0,03	-1,03	-0,93	+0,23	+2,00
25 déc.-6 janv...	-0,29	+0,03	-1,03	-0,93	+0,21	+2,01
1905. 7 janv.-14 janv..	-0,30	+0,05	-1,02	-0,93	+0,20	+2,00
16 janv.-28 janv..	-0,31	+0,05	-1,02	-0,92	+0,21	+1,99
4 fév.-25 fév....	-0,28	+0,03	-1,02	-0,93	+0,22	+1,99
2 mars-20 mars.	-0,29	+0,04	-1,03	-0,93	+0,23	+1,99
23 mars-8 avril..	-0,30	+0,04	-1,02	-0,92	+0,22	+1,99
15 avril-4 mai....	-0,30	+0,04	-1,02	-0,93	+0,23	+1,99
6 mai-20 mai...	-0,31	+0,04	-1,02	-0,93	+0,23	+1,98

Les valeurs relatives des fils se sont donc conservées au millionième près pendant cette période de près de dix mois, au cours de laquelle ils ont été soumis à plus de soixante comparaisons. Aucun

écart systématique, avec la saison, ne permettrait d'admettre que leur dilatation présente une différence sensible.

Les résultats qui viennent d'être rapidement énumérés nous amènent à conclure que nos fils, quelle que soit leur nature, soumis simplement aux manipulations que nécessite leur transport d'un des murs du couloir contre lequel ils restent étendus, sur l'autre mur où ils sont comparés, ainsi qu'à la tension périodique qu'exigent ces comparaisons, ne subissent, les uns par rapport aux autres, aucun changement appréciable, et constituent encore, après un temps très long, des étalons présentant entre eux des différences identiques.

Malheureusement, nos expériences ne sont pas encore suffisantes pour que nous puissions affirmer l'invariabilité de la longueur absolue des fils avec le temps, dans les limites de précision que permettent les comparaisons dont nous venons de voir de nombreux exemples. Nous nous bornerons à enregistrer cette permanence comme probable, réservant à une époque ultérieure la publication d'expériences qu'il est nécessaire de prolonger pendant des années pour pouvoir être plus affirmatifs.

Les détails que nous allons donner sur la tenue des fils soumis à des manipulations diverses vont nous montrer qu'on peut en espérer, dans toutes les conditions normales de leur emploi, un degré de permanence élevé.

Changements produits par des tensions excessives. — Des expériences bien souvent répétées nous ont montré que les changements produits, dans un fil d'invar de section normale, par une charge de 10^{kg} longtemps prolongée, échappent complètement à l'observation dans les limites de la précision que les mesures faites sur notre base permettent de garantir.

Les allongements engendrés par des tensions plus fortes deviennent bientôt mesurables, mais diffèrent beaucoup suivant le degré d'érouissage du fil. Le mode de fixation des réglettes que nous employions autrefois augmentait encore cette action, la chauffe du fil pour le soudage produisant un ramollissement de ses extrémités, qui cédaient un peu sous l'effort. Cette cause d'allongement a été supprimée par le nouveau mode de fixation des réglettes que nous avons adopté (p. 198).

Les mesures faites avec nos anciens fils, moins résistants que ceux qui ont été construits récemment, nous ont révélé, après des

charges prolongées de 30^{kg}, des déformations dépassant un peu les limites des erreurs d'observation et qui allaient rapidement en augmentant. Nous avons trouvé ainsi pour le fil A₀ du Bureau, soumis à des charges croissantes et prolongées, puis mesuré, comme toujours, sous la tension de 10^{kg} :

Charges.	Durée de la charge.	Allongements.
Valeur initiale...		mm 0,00
20 ^{kg}	45 heures.	0,00
30 ^{kg}	5 »	0,03
	24 »	0,09
	51 »	0,11
40 ^{kg}	6 »	0,12
	31 »	0,16
	47 »	0,16
50 ^{kg}	8 »	0,19
	24 »	0,31
	72 »	0,39
	100 »	0,43
	142 »	0,41
60 ^{kg}	4 »	0,54
	25 »	0,52
	47 »	0,53
	95 »	0,59

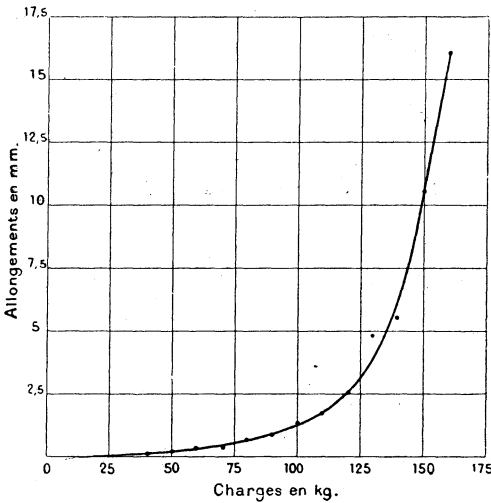
Des tractions beaucoup plus fortes ont donné, pour le fil A₃₇, les allongements suivants :

Charges.	Durées.	Allongements.
Valeur initiale....		mm 0,00
60 ^{kg}	40 heures.	0,38
70.....	26 »	0,43
80.....	24 »	0,70
90.....	24 »	0,88
100.....	24 »	1,30

Charges.	Durées.	Allongements
110 ^{kg}	24 heures	1,71 ^{mm}
120	24 »	2,51
130	26 »	4,81
140	24 »	5,52
150	25 »	10,59
160	72 »	16,08

Ces résultats sont représentés dans le diagramme (*fig. 5*).

Fig. 5.



La section du fil étant de 2mm^2 , la plus forte charge correspond à $73\text{ kg}\cdot\text{mm}^2$; le plus grand allongement est, en valeur relative, de $0,00066$; il est un peu supérieur au dixième de l'allongement élastique pour la même charge. Sous 50kg , l'allongement résiduel est de l'ordre du centième de la déformation élastique.

Nous verrons plus loin dans quelle mesure les tensions provoquées dans le fil par des efforts de traction peuvent ensuite disparaître.

La variation progressive avec le temps a été suivie sous une charge de 60^{kg} pour une première série de quatre fils de 24^m : A₃₂, A₃₃, A₃₄ et A₃₇; les allongements ont été les suivants :

Durée de la charge de 60 ^{kg} .	Allongements moyens.
Valeur initiale	μ 0,00
1 minute.....	0,15
2 »	0,17
5 »	0,18
10 »	0,19
30 »	0,23
1 heure	0,28
2 »	0,33
8 »	0,38
24 »	0,41

Une autre série semblable faite sur trois fils, A₂₉, A₃₀, A₃₁, a donné :

Durée de la charge de 60 ^{kg} .	Allongements moyens.
Valeur initiale	mm 0,00
10 minutes.....	0,22
30 »	0,26
1 heure	0,26
2 »	0,27
8 »	0,34
24 »	0,36

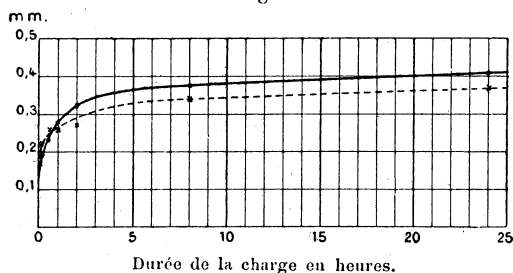
Les courbes de la figure 6 représentent ces deux séries d'expériences.

Les résultats qui précèdent ont été obtenus, comme il a été dit, avec des fils moins écrouis que ceux dont nous avons disposé depuis lors. L'étude détaillée des allongements sous traction devra être reprise avec des fils de construction récente. Pour le moment, on

pourra se faire une idée de ce qui a été gagné en comparant les nombres qui précèdent aux résultats ci-après :

Une charge de 60^{kg} , agissant pendant 24 heures, a produit un allongement de $0^{\text{mm}},25$, obtenu comme moyenne d'observations faites sur 26 fils; une charge de 100^{kg} , de même durée, a donné $1^{\text{mm}},07$, et une charge d'une heure sous 150^{kg} , $2^{\text{mm}},23$; ces derniers nombres sont des moyennes respectives de trois et quatre fils. Les différences avec les anciens fils sont toujours de même sens, mais apparaissent surtout aux très fortes charges. La rupture des fils bien écrouis est très brusque.

Fig. 6.



Nous avons renoncé maintenant à soumettre les fils à des tractions aussi fortes, qui peuvent n'être pas sans inconvénients pour leur tenue ultérieure; nous nous bornons aujourd'hui à exposer, pendant 24 heures, les fils neufs à une traction de 60^{kg} , parfaitement suffisante pour la vérification de la solidité des attaches et de l'écrouissage du fil.

Étude des changements produits par l'enroulage ou le déroulage des fils. — Ces recherches ont comporté des enroulages et déroulages consécutifs, et nombreux, puis des mesures après de longues périodes durant lesquelles les fils étaient restés soit enroulés, soit étendus sous faible tension.

Voici, par exemple, les résultats trouvés dans des mesures faites après les tensions dont il vient d'être question, et qui ont été intercalées entre des enroulages des fils A_{29} , A_{30} , A_{31} , faits sur un tambour de 50^{cm} de diamètre. Le point de départ des longueurs est la valeur finale du précédent Tableau.

Nombre d'enroulages.	Valeurs des fils.
	<small>mm</small>
0	+0,36
1	+0,23
2	+0,22
5	+0,20
10	+0,18
20	+0,16
30	+0,20
40	+0,21
50	+0,19
60	+0,19

Les premiers enroulages, après l'extension des fils, les ramènent en arrière; mais les changements constatés à partir du cinquième enroulage ne sortent pas des limites des erreurs d'observation.

Les fils ayant été exposés de nouveau, pendant 24 heures, à la tension de 60^{kg}, sont revenus en moyenne à une longueur de +0^{mm},34 supérieure à celle des fils neufs; des enroulages faits librement, sur un diamètre de 50^{cm}, ont amené alors aux valeurs moyennes ci-après :

Nombre d'enroulages.	Valeurs des fils.
	<small>mm</small>
0	+0,34
1	+0,22
2	+0,22
5	+0,19
10	+0,18
20	+0,15
30	+0,14
40	+0,16

La même remarque faite au sujet des enroulages sur un tambour s'applique, comme on le voit, aux enroulages libres; les fils prennent bientôt un état invariable. Les figures 7 et 8 représentent les variations observées dans ces deux séries d'enroulages.

Les mêmes résultats sont obtenus *a fortiori*, avec des fils qui n'ont pas été soumis à une extension forcée, c'est-à-dire à des fils neufs. Nous l'avons vérifié dans des cas nombreux.

Fig. 7.

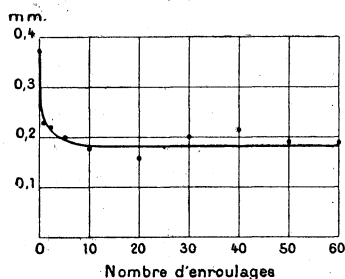
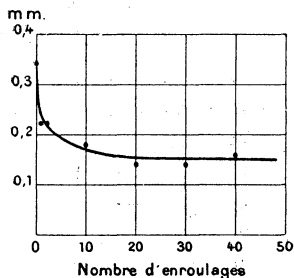


Fig. 8.



Les résultats reproduits ici, corroborés par un grand nombre d'autres, dont il nous paraît inutile de surcharger ce Rapport, montrent, en outre, qu'il est indifférent, au point de vue de la conservation des fils, de pratiquer les enroulages librement ou sur un tambour; les résultats sont, dans les deux cas, les mêmes. Cette remarque nous a permis d'ajouter, au matériel de mesure des bases, un tambour d'enroulage, qu'on avait toujours craint d'employer, pensant qu'il en pourrait résulter un forçement des fils, hors de leur forme naturelle, et, par conséquent, un changement avec le temps. Il n'en est rien, mais à la condition que les réglettes soient orientées sur la courbure du fil de manière à ce qu'il s'adapte de lui-même au tambour (p. 227).

Les Tableaux qui suivent résument nos mesures faites sur des fils avant leur enroulage, et après un déroulage succédant à un repos de un ou plusieurs mois, pendant lequel le fil restait sous la forme d'une couronne de 50^{cm} de diamètre. Les mesures elles-mêmes ont toujours été échelonnées sur la totalité du mois qui a précédé ou suivi l'enroulage; elles sont réunies dans le Tableau par moyennes de cinq mesures faites dans la première ou la deuxième quinzaine du mois. Une différence entre ces nombres, si elle existait, serait de nature à mettre en évidence une déformation progressive du fil étendu après avoir été enroulé. Les valeurs données ci-après sont les excès vrais de la longueur du fil sur 24^m, réduits à 15°.

Fils restés enroulés pendant un mois.

Fils. — N ^o .	Avant l'enroulage.		Après l'enroulage.	
	Premières mesures.	Dernières mesures.	Premières mesures.	Dernières mesures.
	mm	mm	mm	mm
19.....	—0,30	—0,35	—0,34	—0,35
20.....	+0,41	+0,46	+0,45	+0,44
23.....	—0,12	—0,13	—0,09	—0,10
25.....	+0,78	+0,74	+0,72	+0,71
26.....	—0,54	—0,55	—0,55	—0,55
27.....	—1,15	—1,17	—1,18	—1,19
28.....	—0,11	—0,11	—0,10	—0,10
29.....	—0,36	—0,34	—0,39	—0,41
	—0,17	—0,18	—0,18	—0,19
	—0,18		—0,19	

Fils restés enroulés pendant six semaines (1).

	mm	mm	mm	mm
32.....	+0,88	+0,88	+0,88	+0,88
33.....	+0,47	+0,42	+0,43	+0,45
34.....	+0,71	+0,71	+0,73	+0,71
35.....	+0,56	+0,52	+0,58	+0,55
36.....	+1,10	+1,11	+1,11	+1,10
37.....	0,00	—0,01	0,00	0,00
38.....	+0,75	+0,72	+0,76	+0,77
39.....	+0,60	+0,57	+0,63	+0,61
40.....	+0,04	+0,03	+0,07	+0,06
41.....	—0,03	—0,04	0,00	—0,04
	+0,51	+0,49	+0,52	+0,51
	+0,50		+0,51	

(1) Les fils 32, 33, 34, 35 étaient enroulés sur un tambour d'aluminium.

Fils restés enroulés pendant deux mois.

Fils. — N ^{os} .	Avant l'enroulage.		Après l'enroulage.	
	Premières mesures.	Dernières mesures.	Premières mesures.	Dernières mesures.
7.....	mm —1,06	mm —1,06	mm —1,07	mm —1,06
8.....	—5,11	—5,11	—5,16	—5,12
11.....	+1,64	+1,62	+1,64	+1,65
12.....	—0,22	—0,21	—0,22	—0,19
13.....	+0,19	+0,15	+0,16	+0,17
14.....	—1,50	—1,51	—1,46	—1,45
15.....	+0,07	+0,08	+0,05	+0,05
16.....	+0,56	+0,58	+0,57	+0,59
17.....	+0,50	+0,50	+0,50	+0,52
18.....	+0,66	+0,65	+0,62	+0,68
21.....	+0,23	+0,24	+0,21	+0,23
22.....	0,00	0,00	0,00	+0,02
	—0,34	—0,34	—0,36	—0,33
	—0,34		—0,35	

Fils restés enroulés pendant sept mois.

A ₃₀	mm +0,21	mm +0,20	mm +0,20	mm +0,22
A ₃₁	+0,41	+0,47	+0,45	+0,45
A ₃₃	+0,27	+0,26	+0,21	+0,26
	+0,30	+0,31	+0,29	+0,31
	+0,30		+0,30	

L'examen des nombres ci-dessus ne permet pas de conclure au moindre changement systématique des fils; les écarts entre les longueurs trouvées avant et après l'enroulage sont, en effet, pour les divers groupes de fils, positifs ou négatifs, et si petits qu'ils rentrent absolument dans les limites des erreurs d'observation. Il est

même remarquable que, pour chaque fil pris individuellement, les concordances des nombres résultant de mesures faites à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe faible, et consistant à estimer la position d'un trait par rapport à une échelle millimétrique, soient finalement d'un ordre voisin, en moyenne, de 1 à 2 centièmes de millimètre. La raison en est dans le nombre considérable des lectures qui ont conduit aux résultats du Tableau, et leur diversité aussi complète que possible. Chacun des nombres individuels ci-dessus est déduit en effet de cent lectures, faites à raison de vingt dans une même série, dans des positions quelconques et sans cesse modifiées des réglettes par rapport aux repères, et de cinq séries à des jours différents, donnant des équations relatives de la base et des fils légèrement variables d'une mesure à l'autre, et susceptibles de répartir peu à peu les équations à déterminer sur un intervalle de quelque étendue.

En somme, notre expérience de l'invariabilité pratique des fils qui restent enroulés pendant un temps prolongé dans les conditions que nous avons indiquées, est fondée sur un ensemble de plus de douze mille lectures. On peut donc considérer cette expérience comme très probante; nous nous proposons néanmoins de la poursuivre toutes les fois que nous en aurons l'occasion.

Effet des secousses. — Il nous reste à dire quelques mots d'un traitement particulier des fils susceptible de les modifier, mais propre aussi à augmenter dans la suite leur stabilité. Des constatations faites au hasard des expériences journalières nous ayant conduits à penser que des fils soumis à des secousses énergiques sont susceptibles de se raccourcir, nous avons soumis ce phénomène à une étude systématique qui a été fructueuse.

Tout d'abord, nous avons opéré sur des fils ayant subi une forte distension. Ils étaient saisis par les porte-mousquetons attachés aux réglettes, étendus dans toute leur longueur, puis frappés vigoureusement contre le plancher par un mouvement rythmé des deux opérateurs. Voici quelques-uns des résultats obtenus.

1° Le fil A_{37} ayant subi un allongement de $16^{mm},08$ par l'effet d'une traction prolongée ayant atteint 160^{kg} (p. 211), a éprouvé ensuite, par des battages, les raccourcissements ci-après :

Nombre de chocs.	Raccourcissements.
	mm
Valeur initiale.....	0,00
100.....	1,34
300.....	3,20
500.....	4,04
1000.....	5,21
1500.....	6,75
2500.....	8,88

L'effet des secousses, très marqué au début, s'atténue rapidement, puisque les 1000 chocs qui ont été donnés au fil à partir du quinze-centième ont produit une action de même ordre que celle des 200 premiers, estimée d'après les mesures faites après 100 et 300 chocs.

2° Le fil, dont les attaches étaient très fatiguées, s'est rompu un peu après 3000 chocs, ce qui a mis fin à l'expérience. L'allure des chiffres ne permet pas de dire avec certitude si la valeur finale aurait été inférieure ou serait restée supérieure à celle que le fil possédait avant le début des tractions; en d'autres termes, si l'effet des chocs eût été d'annuler seulement les tensions restées dans le fil après les efforts considérables que nous lui avons fait subir, ou s'ils se fussent manifestés par une diminution de l'état de contrainte engendré par le tréfilage, et que l'étuvage prolongé n'avait pas entièrement annulé.

Cette question a été résolue par l'étude d'autres fils, soumis préalablement à de moindres extensions, et qui, par un nombre suffisant de battages, sont toujours arrivés à des longueurs inférieures à leur valeur initiale. Ce phénomène a été constaté bien nettement sur plusieurs fils de la même livraison que le n° A₃₇ ci-dessus, et qui n'avaient pas été écroutis au maximum; il a été plus marqué encore sur des fils tirés au maximum de dureté.

Ainsi, un fil très écrouti, qui s'était allongé de 0^{mm},88 sous une charge de 100^{kg}, s'est ensuite raccourci de 1^{mm},92 par l'effet de 100 chocs; de 1^{mm},40 après les 200 suivants; enfin de 0^{mm},45 sous 200 autres chocs; soit, au total, de 3^{mm},77, arrivant ainsi à 2^{mm},89 au-dessous de sa valeur initiale. Nous avons observé, pour un autre fil, un raccourcissement de 8^{mm},32 sous l'action de 400 chocs succédant à une charge de 100^{kg}, qui avait produit un allongement de 1^{mm},09.

Ces exemples, pris parmi le nombre très grand de nos expériences, montrent à l'évidence que les chocs très énergiques auxquels les fils sont soumis dans toute leur longueur font non seulement disparaître les allongements produits par les tensions auxquelles ils peuvent être soumis accidentellement, mais encore ramènent bien au-dessous de la valeur initiale, par l'effet des glissements moléculaires entraînant l'alliage vers une position d'équilibre plus stable que celui dans lequel il se trouvait après le passage à la filière.

Les quelques exemples donnés ci-dessus montrent que l'effet des chocs va rapidement en s'atténuant à mesure que l'on s'approche de l'équilibre définitif. Le battage apparaît ainsi comme une opération éminemment propre à augmenter la stabilité des fils, et à parer aux variations qu'ils subiraient inévitablement en campagne si elle n'avait pas été effectuée par avance.

L'effet de ce battage est assez variable d'un fil à l'autre, soit que l'écroûissage diffère, soit que les chocs, dont il est impossible de mesurer l'énergie et de doser les effets, soient plus ou moins efficaces. Si donc il était fait entièrement sur les fils achevés et laissés un peu trop longs en vue de leur retrait, ils atteindraient l'état relativement stable avec des longueurs qui pourraient différer sensiblement (de quelques millimètres) de la valeur normale de 24^m que l'on cherche à réaliser toujours aussi bien que possible. D'ailleurs, les secousses nombreuses auxquelles les attaches sont soumises dans cette opération pourraient en compromettre la solidité. C'est pourquoi les premiers battages sont faits maintenant sur des fils non montés, qui subissent ainsi 200 chocs très énergiques. Puis ils sont munis de leurs réglettes, soumis, comme nous l'avons dit, à une traction de 60^{kg} , d'une durée de 24 heures, enfin battus de nouveau, généralement 100 fois. Le raccourcissement produit par ce dernier battage est, en moyenne, de $0^{mm},6$ à $0^{mm},7$, et dépasse très rarement 1^{mm} .

Les coups que reçoivent les fils sont d'une énergie telle qu'il est difficile d'imaginer des conditions d'emploi sur le terrain dans lesquelles un fil ait à subir des secousses qui, dans toute une campagne de mesures, dépassent en efficacité celle de deux ou trois des chocs que nous leur imposons; c'est, sans aucun doute, en partie à ce traitement, subi par tous les fils avant le début des autres épreuves, que nous devons d'avoir pu réaliser les conditions de

stabilité dont les Tableaux qui précèdent contiennent de nombreux exemples.

Polissage du fil. — A plus d'une reprise, des fils, demeurés pendant des mois dans une atmosphère saturée d'humidité, ont été légèrement attaqués par la rouille, et ont dû être repolis. Cette opération a toujours été faite avec précaution, le fil étant tendu afin d'éviter les plis.

Sous une tension initiale de 10^{kg} , qui se trouvait très fortement dépassée lorsque le mouvement du polissage s'effectuait vers le poids tenseur, nous avons observé parfois de faibles allongements des fils, dépassant rarement quelques centièmes de millimètre. Mais en revanche, lorsque le polissage a été limité à ce qui était strictement nécessaire pour enlever les piqûres et lorsque, en même temps, nous avons réduit un peu la tension initiale, nous avons toujours retrouvé la valeur du fil dans les limites d'erreur des observations.

Nous devons cependant considérer cette opération comme présentant quelque danger, en raison des variations que nous avons constatées à plus d'une reprise, et que l'on n'est pas toujours sûr de pouvoir éviter. Le mieux est évidemment de la rendre inutile, en graissant les fils avec de la vaseline, lorsqu'ils doivent rester longtemps sans emploi dans une atmosphère très humide.

Vérification complémentaire. — Le Bureau possède un fil servant à la démonstration de la mesure des bases et des diverses opérations qu'elle comporte, et pour lesquelles il est soumis, en de fréquentes occasions, à toutes les manipulations qui accompagnent une telle mesure. La série suivante de ses valeurs montre bien comment il les a supportées jusqu'ici :

Dates.	Valeurs.	Dates.	Valeurs.
1904. 8 oct...	$24^{\text{m}} + 0,04^{\text{mm}}$	1905. 28 janv.....	$-0,01^{\text{mm}}$
» 15 »...	$+0,02$	» 25 fév.....	$-0,01$
» 31 »...	$+0,01$	» 30 mars....	$-0,01$
» 26 nov...	$0,00$	» 29 avril....	$+0,03$
» 31 déc...	$-0,03$	» 31 mai.....	$-0,01$

La longueur du fil s'est donc maintenue dans des limites très serrées, dont les plus grands écarts ne dépassent pas les erreurs possibles des mesures qui n'ont compris chacune que vingt lectures.

Conclusions de l'étude des fils. — Les recherches qui précèdent ont montré qu'en somme les fils d'invar, bien écrouis par le tréfilage, enroulés dès l'usinage sur un tambour d'un diamètre suffisant, étuvés pendant un temps prolongé, ramenés toujours, dans les enroulages nécessaires, à une forme assez voisine de celle de leur équilibre mécanique pour ne produire que des déformations élastiques, pourvus enfin de réglettes du modèle que nous avons indiqué, peuvent servir à transporter, avec une grande exactitude, des longueurs d'une base de repérage à une base à mesurer, si l'on met en œuvre, dans toutes les opérations auxquelles ils servent, une technique bien établie et d'ailleurs facile à suivre. Les tensions ordinaires auxquelles ils sont soumis pour les mesures, et même des efforts doubles auxquels une fausse manœuvre accidentelle pourrait les exposer, ne les modifient pas d'une quantité mesurable. Des chocs violents, et peut-être des trépidations répétées, telles que celles qui peuvent se produire dans un long voyage en chemin de fer, seraient susceptibles de produire un léger raccourcissement dans un fil neuf, ayant conservé, depuis le tréfilage, des tensions mécaniques. Mais l'effet de ces secousses, comme de toutes celles que le fil est susceptible de subir dans les manœuvres sur le terrain, est grandement atténué, et peut être entièrement supprimé par un battage systématique qu'il est avantageux de faire subir au fil, au moins pour la plus grande partie, avant de le munir de ses réglettes.

La précision des mesures, répétées dans des conditions très diverses, s'est montrée remarquablement élevée. Les comparaisons des fils entre eux, fondées sur des observations nombreuses, ont amené à des concordances de l'ordre du millionième ou d'un ordre supérieur; l'addition des longueurs sur le terrain bénéficiera bien certainement d'une compensation analogue; et finalement les erreurs de chaque lecture individuelle, qui peuvent paraître considérables si on les compare à celles que permettent des microscopes micrométriques, disparaîtront complètement, et n'interviendront en aucune façon pour limiter l'exactitude réelle de la valeur d'une base, dans les limites qu'il semble aujourd'hui désirable d'atteindre.

DEUXIÈME PARTIE.

INSTRUMENTS AUXILIAIRES DE LA MESURE DES BASES.

Principe de la mesure. — La détermination de la longueur d'une base exige que l'on reporte, un certain nombre de fois, l'étalon de mesure dans des positions successives, qui, partant du premier repère de la base, vont rejoindre le repère marquant sa deuxième extrémité. Le point qui, dans une position de l'étalon, se trouve à son extrémité antérieure, est, dans la portée suivante, situé à son extrémité postérieure; il est défini, pour ces deux opérations, par un repère mobile, que l'on enlève une fois qu'il est devenu inutile, pour le reporter en avant de la section mesurée. La détermination de la distance des repères mobiles deux à deux constitue l'opération fondamentale de la mesure d'une base; mais elle est accompagnée d'un certain nombre d'opérations accessoires, nécessitant des appareils auxiliaires, qui forment, avec les fils et les repères mobiles, l'ensemble du matériel de mesure que nous allons décrire. Quelques-uns de ces appareils reproduisent, sous une forme plus parfaite, les dispositifs que nous avons présentés à la troisième Conférence générale des Poids et Mesures en 1901; d'autres ont été entièrement élaborés depuis lors.

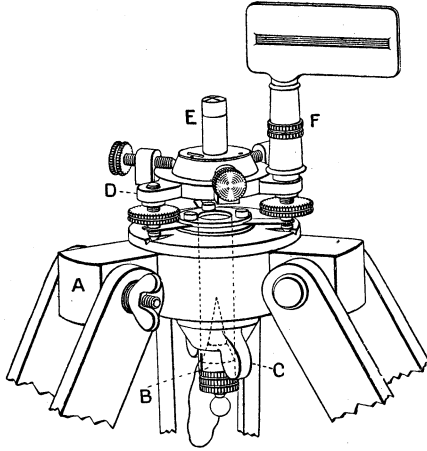
Repères mobiles. — Nous nous sommes proposé de donner aux repères mobiles une forme telle qu'ils puissent être amenés rapidement et très exactement dans la position que chacun d'eux doit occuper dans la ligne de la base; nous les avons disposés aussi de manière à ce qu'ils portent les accessoires destinés à la mesure des pentes, sans que l'on ait besoin d'avoir recours, comme on l'avait fait jusqu'ici, à des installations auxiliaires. Enfin, nous avons admis la possibilité de déterminer par une opération simple un point du sol situé verticalement au-dessous de la croisée de traits qui constitue le point fixe de l'espace auquel viennent se joindre les deux portées successives.

Voici comment ce programme a été mis à exécution : Un solide trépied de bois (*fig. 9*) porte, à sa partie supérieure, un plateau A percé d'une large ouverture verticale. Un tube cylindrique B, fixé au-dessous d'une plaque-crapaudine, et portant à sa partie inférieure un écrou à oreilles C, est serré contre le plateau de bois, par

rapport auquel il peut, d'ailleurs, occuper des positions quelconques dans un espace de quelques centimètres.

La plaque-crapaudine est surmontée d'un disque de bronze D, monté sur trois vis calantes maintenues en place par des ressorts, et qui est muni, à sa périphérie, de trois vis radiales permettant un déplacement micrométrique d'une pièce E composée d'une embase portant un niveau, et surmontée d'un goujon vertical. Ce goujon est terminé par une pastille en un alliage blanc, dur et inoxydable, au

Fig. 9.



centre de laquelle se croisent les traits rectangulaires du repère; il est, de plus, percé d'un canal central dans lequel descend la cordelette de suspension d'un fil à plomb permettant de marquer un point du sol, et qui, lorsqu'il est sans emploi, reste vissé de bas en haut, dans le tube de la plaque-crapaudine ⁽¹⁾.

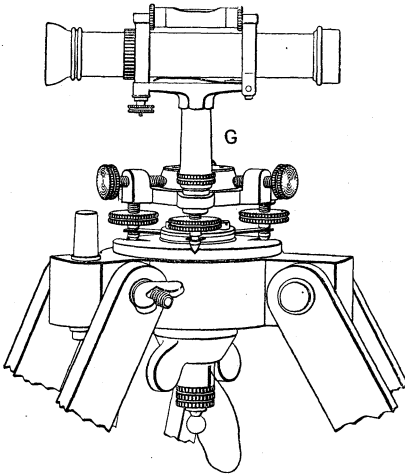
Le disque supérieur est muni, en outre, d'un goujon latéral fixe, qui peut supporter alternativement une mire F et une lunette de

(1) Lorsqu'il fait du vent, il est bon d'entourer le trépied d'une toile si l'on veut opérer avec le fil à plomb. On peut aussi substituer une lunette plongeante à la pièce portant le goujon.

nivellement servant, par la visée de la mire, à déterminer la différence de hauteur de deux trépieds consécutifs.

Lunette de nivellement. — Cette lunette G (fig. 10), qui se place, comme il vient d'être dit, sur le disque du repère mobile, est pourvue d'un niveau sensible ; elle porte, au foyer de l'objectif correspondant à la distance de 24^m , une échelle photographique, dont les traits successifs sont à des distances sensiblement égales à celle qui

Fig. 10.



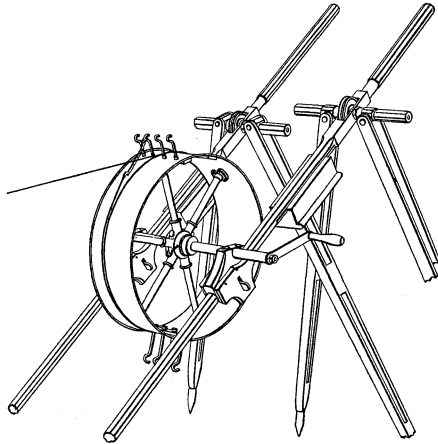
correspond à 24^{mm} vus à la distance de 24^m , soit au millième absolu de la pente. La simple lecture de la position de la mire par rapport à l'échelle donne ainsi la différence de niveau des deux repères successifs, ou plutôt l'inclinaison de la droite qui les joint. Le petit écart entre l'axe optique passant par le zéro de l'échelle et la ligne de foi du niveau, ainsi que les erreurs de la division, se déterminent aisément, la première par des observations réciproques sur deux trépieds conjugués, les autres, par des lectures faites sur une échelle divisée, placée à 24^m .

Lunette d'alignement. — Pour déterminer l'alignement des repères, on pose, sur le goujon mobile du dernier repère placé,

une petite lunette qui sert à viser à la fois une mire lointaine, dans la direction du deuxième terme de la base, et le goujon du repère que l'on met en station. Les images de ces deux objets se superposent quand le repère est définitivement en place.

Piquets tenseurs. — La tension des fils est obtenue, comme sur la base murale, à l'aide de deux poids de 10^kg, fixés à des cordes souples passant sur des poulies à billes (voir *fig. 11* et 15). Ces poulies sont portées dans une chape montée sur un solide piquet de bois, muni de deux bras horizontaux servant d'axes à deux étais, articulés

Fig. 11.



dans les deux directions, et qui, avec le piquet lui-même, constituent un trépied fixe et solide. Lorsqu'il est sans emploi (*fig. 11*), le poids est fixé au piquet par deux encastements, dans lesquels il est retenu par une goupille. Pour l'usage (*fig. 15*), le piquet occupe une position inclinée de 50 grades environ sur l'horizon, de manière à supporter en bout la résultante des efforts de la corde. Des conditions particulières du terrain peuvent nécessiter l'enlèvement des étais, qui sont aisément séparés du piquet, après que l'on a retiré les bras horizontaux; ceux-ci, remis en place après avoir été retournés bout pour bout, servent à l'auxiliaire chargé de la manœuvre du piquet tenseur, à appuyer ses mains pour l'immobiliser.

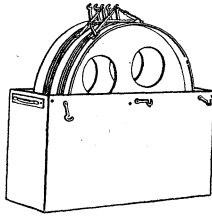
Tambour d'enroulage des fils. — Le modèle usuel de tambour que nous avons établi pour l'enroulage des fils en vue de leur transport, consiste (*fig. 11*) en une poulie légère, avec moyeu et jante d'aluminium, munie, à sa partie périphérique, de deux séries de crochets auxquels viennent se fixer les extrémités des fils; la longueur des crochets est telle que les fils arrivent tangentiellment au tambour.

L'axe de la poulie est amovible; il repose, pour l'enroulage et le déroulage, sur deux paliers de bois, également amovibles, qu'on serre à l'aide d'une clavette, pour cette opération, sur deux piquets tenseurs placés l'un à côté de l'autre, et qu'on enlève ensuite.

Pour le transport, le tambour est enfermé dans une caisse où il est retenu, par ses bras, sur trois cales de bois. L'axe et les paliers trouvent également place dans la caisse.

M. Carpentier a modifié ce premier instrument en montant l'arbre

Fig. 12.



à demeurer dans les côtés d'une caisse (*fig. 12*), qui lui servent de paliers. De cette façon, l'enroulage ou le déroulage s'effectuent sans que l'on ait à faire intervenir les piquets tenseurs comme supports. Cette solution présente donc certains avantages sur celle que nous avons donnée au problème pratique de l'enroulage.

Repères de la base. — Les points marqués dans le terrain peuvent être fixes ou mi-fixes. Les premiers sont les repères extrêmes de la base, dont la distance, mesurée au moyen du fil, constitue ensuite le côté du premier triangle de toutes les opérations géodésiques. Mais il est avantageux, et souvent nécessaire, de pouvoir marquer dans le sol des points dont l'importance n'est que passagère, et qui disparaissent une fois que la mesure de la

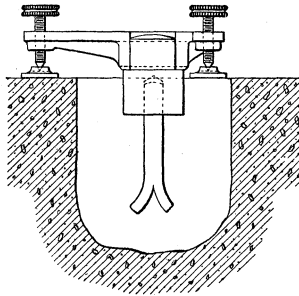
base est achevée. Il faut s'assurer, en particulier, des repères mi-fixes, toutes les fois que la mesure est interrompue pendant un laps de temps plus ou moins long, notamment dans les repos du personnel, ou pendant la nuit, lorsqu'une base n'est pas mesurée en entier dans la même journée.

De plus, il est tout indiqué de poser de tels repères de distance en distance, par exemple à tous les kilomètres, afin de retrouver un point de départ bien déterminé sans avoir à retourner au premier terme de la base, si par hasard on soupçonne, à un moment donné, un déplacement accidentel de tous les repères mobiles.

Les termes de fin de base étaient jusqu'ici, pour la plupart, enfoncés dans le sol; mais il peut paraître avantageux de les fixer à un pilier qui émerge du sol, et qui servira dans la suite à supporter les théodolites pour la mesure des angles. Nous avons donc proposé de constituer ces repères par de solides goujons de bronze, portant une plaque de l'alliage employé pour le tracé des traits des repères mobiles, et maintenus, par un scellement au ciment, dans la partie supérieure du pilier. Ce repère, une fois scellé, peut servir d'axe à un compas traceur marquant, sur le pilier, des cercles concentriques pour le placement du théodolite.

La mise en place du goujon est facilitée par un trépied muni de

Fig. 13.

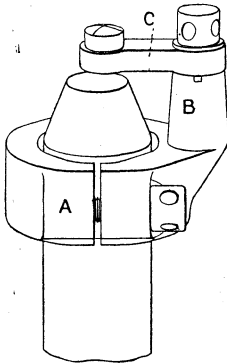


vis calantes (*fig. 13*), dans une ouverture duquel il s'engage, et qui permet de l'amener exactement en place. On coule alors du ciment dans un creux ménagé à cet effet, et l'on retire le trépied dès que le ciment est suffisamment dur.

Les repères mi-fixes sont constitués par des piquets tubulaires en

fer, munis, à leur partie supérieure, d'une bague robuste A (*fig. 14*) serrée par deux vis à broche, et dont une moitié porte une partie surélevée B, sur laquelle on serre un bras horizontal C ayant à son extrémité une croisée de traits. La bague peut tourner autour du piquet, et le bras peut, à son tour, décrire une circonférence entière.

Fig. 14.



La croisée de traits est donc susceptible d'éprouver des déplacements d'assez grande amplitude, et d'atteindre, par les mouvements de ces deux organes, tous les points à l'intérieur d'un cercle donné.

Il n'a pas semblé nécessaire de prévoir, pour ce repère, des déplacements micrométriques. Il suffit, en effet, que la croisée de traits soit amenée en place à 2 ou 3 millimètres près perpendiculairement à la base, et à 2 ou 3 centimètres dans le sens de la base. Les déplacements micrométriques du repère mobile servent à la superposition exacte.

La coïncidence une fois obtenue, le repère mi-fixe est recouvert d'une enveloppe métallique. En général, on l'enfoncera même au-dessous du niveau du sol, et on le recouvrira de terre.

Accessoires divers. — Le matériel de mesure d'une base comprend enfin :

1° Un gabarit en câble toronné, muni de deux bagues marquant un intervalle de 24^m, et servant à placer les repères mobiles à la

distance voulue. Il est accompagné de deux piquets de bois que tiennent les opérateurs.

2° Les étalons nécessaires pour permettre de mesurer l'appoint, c'est-à-dire la distance, inférieure à 24^m, qui sépare la position du dernier repère mobile du deuxième terme de la base. On peut employer, dans ce but, soit un ruban de 12^m, soit un fil de 8^m auquel succède un ruban de 4^m. Le ruban doit posséder les traits marquant tous les décimètres, et des divisions millimétriques du premier et du dernier décimètre.

3° Une série de mires, que l'on place au théodolite dans la ligne de la base, et qui servent ensuite à aligner les repères mobiles.

TROISIÈME PARTIE.

EMPLOI DES APPAREILS SUR LE TERRAIN.

Quelques indications concernant la manœuvre sur le terrain des appareils qui viennent d'être décrits ne seront pas inutiles; celles qui sont données ci-après sont loin de constituer un manuel complet de leur emploi pour la mesure rapide des bases; il s'agit bien plutôt de donner, par cette rapide esquisse, une idée des simplifications dans le travail que permet notre nouveau matériel. Nous avons d'ailleurs communiqué, à plusieurs des Services intéressés, une instruction plus complète, restée jusqu'ici en manuscrit, et dans laquelle chaque opération est décrite en détail.

Au surplus, nous pouvons difficilement établir des règles fixes pour tous les éléments de la mesure; notre expérience du travail en campagne est, en effet, encore insuffisante, et a été acquise dans des conditions trop faciles de terrain et de transport des appareils pour répondre à tous les cas pratiques.

Les accidents du sol, sa nature, le nombre des appareils, le chiffre du personnel disponible, la plus ou moins grande facilité des transports, dicteront, dans chaque cas particulier, les variantes à apporter au procédé dont nous ne pouvons indiquer ici que les grandes lignes; et c'est seulement lorsque les cas les plus divers auront été abordés par les géodésiens que l'on pourra élaborer une instruction complète, dans laquelle toutes les circonstances puissent être prévues.

Pose des repères mobiles. — Le premier repère mobile étant amené approximativement au-dessus du point de départ, en s'aidant du fil à plomb, une équipe, composée de trois opérateurs et de un ou deux porteurs, commence à placer les repères mobiles le long de la base, tandis qu'une seconde équipe achève l'ajustage du premier repère.

Le chef de la première équipe se tient à l'arrière et porte l'une des extrémités du gabarit; il transporte la lunette d'alignement d'un repère à l'autre. Un autre opérateur tient l'autre extrémité du gabarit, tandis que le troisième met en place le trépied ramené de l'arrière à l'avant de la base par un porteur. Après avoir donné les indications approximatives pour l'alignement du trépied, le chef tend le gabarit, amène la bague marquant l'une des extrémités de la longueur de 24^m contre le goujon du repère mobile qui vient d'être mis en place, tandis que l'opérateur chargé de la pose place le nouveau repère contre la deuxième bague du gabarit. Cela fait, le chef procède à l'alignement au moyen de la lunette; la distance est mesurée de nouveau, l'alignement est rectifié; et, pour finir, le repère est réglé horizontalement au moyen des vis calantes.

Les indications relatives à l'alignement doivent toujours être données par le chef sans ambiguïté et avec la valeur estimée des déplacements à effectuer. Les mots *gauche*, *droite* doivent être évités, et remplacés, par exemple, par l'indication des points cardinaux, ou des localités, ou encore des directions relatives à l'opérateur; une indication telle que : *un peu à gauche*, est rarement comprise et occasionne une perte de temps; au contraire : 15^{cm} *vers vous*, contient l'ordre précis du mouvement à exécuter.

Les grands déplacements doivent être faits par un mouvement de tout le trépied; les déplacements plus petits, par la plaque-crapaudine, après le desserrage de l'écrou à oreilles; enfin les derniers seuls avec les vis radiales.

Dans la première mise en place du trépied, on doit assurer une horizontalité approximative du plateau de bois qui le surmonte, pour n'avoir que peu de chemin à faire par les vis calantes; celles-ci sont employées au dernier réglage, lorsque le repère est définitivement en place. L'horizontalité obtenue, et toutes les vis étant serrées, l'opérateur chargé de la pose donne avis au chef, qui commande : *en avant!* L'équipe part alors d'un bon pas, en tenant le gabarit

légèrement tendu. Lorsqu'elle arrive dans sa nouvelle position, le chef commande : *doucement!* et aussitôt après : *halte!* Si ces commandements sont donnés au bon moment et bien exécutés, la bague d'arrière s'arrête sans oscillations contre le goujon; et, après quelques secondes, la bague d'avant marque l'endroit que doit venir occuper le goujon du repère que l'on va placer.

Mesures. — La deuxième équipe effectue toutes les mesures; elle se compose de deux observateurs, d'un secrétaire et de deux auxiliaires. Les fonctions de chef sont remplies soit par l'observateur d'avant, soit par le secrétaire.

La première mesure est celle de la pente. Elle est effectuée en général par le secrétaire, qui se porte, le plus rapidement possible, vers le trépied d'avant, substitue la lunette de nivellement à la mire qu'il place sur le goujon de repos, tourne la lunette dans le sens de la marche, puis vers l'arrière de la base, et mesure la différence de niveau par rapport aux trépieds voisins. La lunette de nivellement est enlevée du trépied, et la mire remise en place.

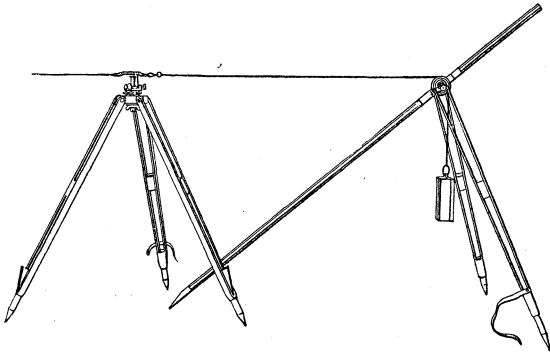
Pendant que le secrétaire détermine la pente, les observateurs reprennent le fil en main, tandis que les auxiliaires, suivant les commandements *attention!* et *poids!* donnés par l'observateur d'avant, remontent les poids dans leurs encastrements, les fixent par les goupilles et chargent les piquets tenseurs sur l'épaule. Au commandement *en avant!* toute l'équipe part vers la nouvelle portée, où elle se remet en station; si le secrétaire n'a pas terminé ses mesures, le piquet tenseur d'avant est placé légèrement de côté, pour ne pas gêner les opérations, et n'est mis définitivement en place que lorsque le secrétaire s'est retiré.

Aussitôt les tenseurs en station, le fil est accroché par les portemousquetons aux S en laiton qui terminent les cordes, puis aux commandements espacés : *attention, goupille, poids!* les auxiliaires retirent les goupilles et descendent les poids sans secousse, d'un mouvement lent et simultané, tandis que les observateurs, retenant les portemousquetons, arrêtent les mouvements transversaux du fil, et surtout l'empêchent de buter dans les repères.

Les piquets-tenseurs doivent être placés bien d'aplomb, les poulies se faisant face exactement, pour éviter les frottements latéraux de la corde. Leur position est assurée par les auxiliaires de telle

sorte que les réglottes viennent se placer d'elles-mêmes contre les repères mobiles. La figure 15 montre l'organisation d'une des extrémités de la portée.

Fig. 15.



Les observateurs saisissent les réglottes aussi légèrement que possible, de manière à éviter toute contrainte, et en particulier tout effort longitudinal sur le fil; puis les mesures commencent dans l'ordre suivant. L'observateur de droite annonce : *prêt!* l'observateur de gauche donne sa lecture, puis celui de droite indique la sienne. Les réglottes ayant été déplacées d'une quantité quelconque, on fait un nouveau couple de lectures, et ainsi de suite. Le secrétaire inscrit les lectures et fait immédiatement leurs différences. En général, cinq lectures sont suffisantes; toutefois, si une lecture diffèrait des autres au point de faire croire à une inadvertance d'un observateur, ou à une erreur d'écriture, le secrétaire ferait faire une sixième lecture. Les cinq différences successives étant normalement concordantes (les écarts de $0^{\text{mm}},3$ sont exceptionnels, ceux de $0^{\text{mm}},5$ indiquent, en général, non un écart fortuit, mais une erreur), le secrétaire indique *terminé*. Il s'occupe immédiatement du nivellement de la portée suivante, tandis que le reste de l'équipe reprend en mains le fil et les piquets tenseurs et marche en avant.

Les observateurs doivent échanger leurs places périodiquement, par exemple de dix en dix portées, pour que les équations personnelles s'éliminent dans l'ensemble.

La température du fil, supposée la même que celle de l'air, est mesurée au moyen d'un petit thermomètre porté par le secrétaire, par un des observateurs ou par un auxiliaire soigneux. Comme, avec un fil d'invar provenant d'une opération métallurgique bien réussie, une erreur de température de plusieurs degrés serait nécessaire pour affecter le chiffre du millionième de la portée qu'on mesure, la détermination de la température ne nécessite aucune précaution particulière; et, dans les journées où les conditions atmosphériques ne sont pas extrêmement variables, ses mesures peuvent être largement espacées. On comprendra le progrès apporté à la mesure des bases par l'emploi des fils d'invar, en se souvenant qu'avec un fil d'acier, le chiffre du millionième est modifié par une erreur d'un dixième de degré sur la température.

Le raccord au second terme de la base est effectué au moyen du fil de 8^m et du ruban de 4^m, dont il a été parlé plus haut. Le fil arrive, soit par excès, soit par défaut, à moins de 4^m de l'extrémité de la base, et la division du ruban permet ensuite de comprendre le trait du repère fixe entre deux traits millimétriques de l'un des décimètres divisés. Ainsi, toute fraction résiduelle inférieure à 24^m peut être rapidement et aisément mesurée.

Les conditions du terrain, les diverses aptitudes des observateurs, la vitesse de marche des deux équipes, peuvent imposer une distribution du travail un peu différente de celle qui vient d'être esquissée. En particulier, l'observateur de droite, ou le chef de l'équipe d'avant, peut être chargé du nivellement; mais ce sont là des conditions plutôt exceptionnelles.

Dans un terrain moyen, chacune des équipes peut achever son travail en moyenne dans le même temps. Toutefois il se produit, dans la vitesse instantanée de marche des équipes, des variations qui occasionneraient des retards du travail si elles se succédaient sur la base d'assez près pour se gêner mutuellement. Mais ces écarts de la vitesse moyenne se compensent le plus souvent sur quelques portées, de telle sorte que les deux équipes ne réagissent pas l'une sur l'autre si elles ont entre elles deux ou trois repères mobiles, donnant beaucoup d'élasticité à tous les mouvements.

Cette condition fixe le nombre des repères mobiles dont il faut

être muni si l'on veut pouvoir travailler rapidement et avec une parfaite sécurité. La distribution des repères est la suivante : à l'arrière, un repère témoin ; puis les deux repères de la portée que l'on mesure ; deux ou trois repères entre les équipes ; deux pour l'équipe d'avant, et un ou deux que l'on transporte de l'arrière à l'avant. Une telle organisation du travail exige donc de huit à dix trépieds. Mais, surtout en terrain facile, on opère déjà commodément avec six trépieds, en serrant davantage les équipes, et en n'ayant qu'un trépied en transport.

Expériences pratiques. — Il nous suffira d'ajouter quelques mots concernant les expériences réellement faites, pour montrer, par des exemples pratiques, ce que l'on peut attendre des nouvelles méthodes.

Les mesures effectuées sur notre base du Parc de Saint-Cloud, dans des conditions encore insuffisantes au point de vue du chiffre du personnel, mais excellentes au point de vue du terrain, nous ont montré qu'on peut certainement faire, en moyenne, en 1 minute et demie ou 2 minutes une portée comprenant la mise en station, cinq mesures et le transport à la portée suivante. Une vitesse de 500^m à l'heure en bon terrain doit donc être considérée comme un minimum, et il pourra n'être pas rare que l'on mesure près de 1^{km} en 1 heure.

En confirmation de cette évaluation, nous avons reçu communication, de M. le Professeur Borrass, des expériences faites au cours de la mesure de la base de Schubin, et où une vitesse supérieure à 5^{km} par jour, avec la fixation de deux points intermédiaires, a été atteinte pendant 9 jours consécutifs, dans lesquels des pluies fréquentes et même de véritables orages ont beaucoup dérangé le travail.

La concordance des mesures à l'aller et au retour s'est trouvée souvent, dans nos mesures, de l'ordre du millièmes, et cette même concordance a été obtenue dans des déterminations faites récemment en Serbie sur des bases atteignant 6^{km}.

Dans les mesures de Schubin, la concordance a été seulement de l'ordre de $\frac{1}{500000}$ en moyenne, ce qu'il faut attribuer sans doute aux conditions dans lesquelles ces mesures ont été faites, et qui avaient pour but de se rendre compte de la rusticité de la méthode et des conditions climatériques que le travail pouvait supporter à la rigueur, bien plutôt que de déterminer la limite de précision

qu'il comporte dans les conditions les meilleures. Ajoutons, à ces indications, le fait que la mesure a été effectuée avec des fils de notre premier modèle, qui laissaient encore un peu à désirer. Il nous semble qu'avec nos nouveaux fils, dans un bon terrain et par beau temps, une concordance du millionième devrait être la règle.

Expansion de la méthode. — Les communications provisoires que nous avons faites au Comité international, au fur et à mesure de l'avancement de notre travail, et surtout la Note que nous avons adressée à l'Association géodésique internationale dans sa Conférence de 1903 à Copenhague, ont fait connaître aux géodésiens à la fois les perfectionnements que nous avons apportés à la méthode de M. Jäderin, et la possibilité de faire, pour les Services géodésiques, les études de fils qui seraient demandées au Bureau international.

Ainsi qu'il a été dit dans les Rapports présentés au Comité, les demandes d'études qui nous sont parvenues ont été nombreuses, et sont arrivées assez rapidement à créer, au Bureau, un courant ininterrompu d'occupations, tant par la nécessité de compléter les études d'intérêt général dont nous avons rendu compte, et pour lesquelles les fils très nombreux dont nous avons disposé nous ont été d'une grande utilité, que pour la simple détermination de l'équation des fils, consécutive au traitement que nous leur avons fait subir pour les amener dans l'état de stabilité nécessaire à la conservation de cette équation.

La liste suivante des Services géodésiques ou métrologiques, qui se sont adressés jusqu'ici au Bureau pour demander la détermination d'un nombre plus ou moins grand de fils, montre bien que les travaux dont nous venons de rendre compte répondaient à une nécessité urgente, et sont appréciés par ceux qui y ont eu recours :

Allemagne : Institut géodésique prussien; Landesvermessung; École technique supérieure de Stuttgart.

République Argentine : État-Major de l'Armée, Institut géographique militaire.

France : Service géographique de l'Armée; Service hydrographique de la Marine; Section technique de l'Artillerie; Service du cadastre; Expéditions coloniales.

Grande-Bretagne et Irlande : Board of Trade, Standards Department; National Physical Laboratory.

Colonies britanniques : Observatoire du Cap; Université de Sydney.

Japon : Commission géodésique.

Mexique : Commission géodésique; Commission de géographie exploratrice; Observatoire de Tacubaya.

Roumanie : Service géographique de l'Armée.

Russie : Chambre centrale des Poids et Mesures; Section topographique de l'État-Major général.

Serbie : Section géographique de l'État-Major général.

Norvège : Section topographique de l'État-Major général.

Suisse : Commission géodésique.

Ces appareils, utilisés ainsi en divers pays, dans des conditions différentes de terrain, de climat, avec des habitudes de travail très diverses, sont éminemment propres à soumettre à une épreuve sévère les fils et tout le matériel de mesures des bases. Il en résultera la possibilité de se faire, en très peu d'années, une idée très complète des services qu'ils peuvent rendre, et de remédier aux défauts qu'ils pourraient encore présenter.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Liste des membres du Comité international des Poids et Mesures.....	V
Liste du personnel scientifique du Bureau international.....	VII
Procès-verbaux des séances de l'année 1905.....	1-135
<i>Procès-verbal de la première séance, du 5 avril 1905.....</i>	<i>1-70</i>
Ouverture de la session.....	1
Nomination de M. Michelson au titre de membre honoraire du Comité.....	2
<i>Rapport du Directeur du Bureau international sur les exercices de 1903-1904.....</i>	<i>3-67</i>
I. — <i>Personnel.....</i>	<i>3</i>
II. — <i>Bâtiments.....</i>	<i>3-4</i>
III. — <i>Machines et Instruments.....</i>	<i>4-9</i>
Cylindres pour le décimètre cube. Détermination des longueurs d'ondes. Balance de 20 ^{kg} . Appareils pour la mesure des bases. Restauration des balances.	
IV. — <i>Comptes.....</i>	<i>9-35</i>
1. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.....	10
2. — Frais des étalons et témoins internationaux.....	10
3. — Frais annuels.....	11

	Pages.
4. — Caisse de secours et de retraites....	16
5. — Fonds de réserve	18
6. — Versements des États et recettes....	22
Comptabilité de 1903.....	24-29
Comptabilité de 1904.....	30-35
V. — Travaux.....	35-63
Travaux généraux : Étude des Règles géodésiques égyptienne et française.....	36-38
Vérification relative aux prototypes.....	38-40
Règles géodésiques en invar.....	40-41
Étude des fils pour la mesure des bases.....	41-46
Travaux de M. Benoit : Étude des kilogrammes prototypes; permanence remarquable de la plupart des kilogrammes, faible usure de quelques-uns. Étude d'un kwan. Pesée de deux cubes de quartz destinés à la détermination de la masse du décimètre cube d'eau.....	46-53
Résultats des déterminations de MM. Macé de Lépinay, Benoit et Buisson et de celles de M. Chapuis relatives à la masse du décimètre cube d'eau.	53-55
Nouvel étalonnage de la série O. Détermination de calibres d'épaisseur.....	56-57
Travaux de M. Guillaume : Étude des fils. Règle géodésique du Japon. Dilatation de trois règles géodésiques. Recherches sur les aciers au nickel. Étalons divers. Comparaisons de la règle n° 13. Comparaisons de thermomètres. Études sur le décimètre cube d'eau. Délégation au Congrès de Chimie de Berlin.....	57-60
Travaux de MM. Maudet, Tarrade et Murat.....	60-62
Publications.....	63
Liste des certificats délivrés du 1 ^{er} avril 1903 au 31 mars 1905.....	64-67
Nomination de deux Commissions.....	68
Discussion.....	68-69
Invitation à visiter le Laboratoire d'essais du Conservatoire.....	70

	Pages.
<i>Procès-verbal de la deuxième séance, du 7 avril</i>	
1905.....	71-101
Démission de M. Michelson et élection de M. Stratton.	71- 74
Rapport spécial financier.....	75- 90
Propositions du Comité concernant un nouveau mode de répartition des contributions, et adhésions des Gouvernements.....	90- 96
Situation des colonies vis-à-vis de la Convention du Mètre.....	96-100
Revision des taxes ...	100-101
<i>Procès-verbal de la troisième séance, du 11 avril</i>	
1905.....	102-115
Discussion relative à une nouvelle rédaction des articles 6, 19 et 20 de la Convention du Mètre..	101-105
Calcul des parts contributives conformément aux nouveaux articles.....	105-106
Rapport de la Commission des Comptes.....	106-109
Rapport de la Commission des Instruments et Travaux (1 ^{re} partie).....	110-112
Discussion.....	112-114
Visite du dépôt des Prototypes.....	114-115
<i>Procès-verbal de la quatrième séance, du 13 avril</i>	
1905.....	116-124
Proposition de M. Mascart relative à la prochaine ouverture du Dépôt des Prototypes.....	116
Texte des nouveaux articles 6, 19 et 20 de la Convention.....	117-119
Projet de programme pour la prochaine Conférence générale.....	119-120
Rapport de la Commission des Instruments et Travaux (2 ^e partie).....	120-123
Valeurs du carat.....	124
<i>Procès-verbal de la cinquième séance, du 15 avril</i>	
1905.....	125-130
Vérification des thermomètres nationaux.....	125-126
Filetages.....	126-127

	Pages.
Expansion du Système métrique	127-128
Nomination de M. Pérard comme aide au Bureau.	128
Projet relatif au personnel	129.
Présentation d'un nouveau comparateur.....	129
Clôture de la Session.....	130
<i>Note sur les comparaisons récentes de quelques mètres-étalons en platine iridié.....</i>	<i>131-135</i>
Annexes aux Procès-verbaux	137-237
ANNEXE I. — <i>Modification de la Législation française relative aux unités fondamentales du Système métrique, par M. J.-René Benoit..</i>	<i>139-175</i>
Résolutions du Bureau national des Poids et Mesures des 10 et 17 juillet 1901, et déclaration de M. le Ministre du Commerce	139-142
Historique abrégé des étalons du Système métrique et conclusions concernant la Législation française	142-152
Avis du Bureau national.....	153-155
Loi du 11 juillet 1903; décret du 28 juillet 1903...	155-159
Rapport sur les modifications à apporter au Tableau des mesures légales	160-174
Mètre.....	161-165
Kilogramme.....	165-171
Litre.....	171-173
Conclusions	173-174
Tableau des signes abrégatifs	175
ANNEXE II. — <i>L'échelle thermométrique normale et les échelles pratiques pour la mesure des températures, par M. Ch.-Éd. Guillaume.....</i>	<i>176-188</i>
L'échelle thermodynamique et l'échelle normale..	176-184
Mesure par la variation de l'indice de l'air.....	184-185
Thermométrie radiométrique.....	186-188
ANNEXE III. — <i>Les nouveaux appareils pour la mesure des bases géodésiques, par MM. J.-René Benoit et Ch.-Éd. Guillaume.....</i>	<i>189-237</i>

PREMIÈRE PARTIE : <i>Construction et étude des fils.</i>	189-222
Méthode d'étude des fils. Mesure de la dilatation des fils. Règles de construction des fils. Dilatation. Vérifications relatives à la forme des réglottes. Coefficient de dilatation de la base du sous-sol. Parallélisme des valeurs de la base fournies par les fils et de ses valeurs calculées. Stabilité relative des fils déduite de leurs comparaisons. Changements produits par des tensions excessives. Étude des changements produits par l'enroulage et le déroulage des fils. Effet des secousses. Polissage du fil. Vérification complémentaire. Conclusions de l'étude des fils.	
DEUXIÈME PARTIE. — <i>Instruments auxiliaires de la mesure des bases.</i>	223-230
Principe de la mesure. Repères mobiles. Lunette de nivellement. Lunette d'alignement. Piquets tenseurs. Tambour d'enroulage des fils. Repères de la base. Accessoires divers.	
TROISIÈME PARTIE. — <i>Emploi des appareils sur le terrain.</i>	230-237
Pose des repères mobiles. Mesures. Expériences pratiques. Expansion de la méthode.	

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

36605

Quai des Grands-Augustins, 55.
