

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES.

---

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES.

---

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME V.

---

SESSION DE 1909.



PARIS,

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

---

1909



---

# LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES,

AU 1<sup>er</sup> AVRIL 1909.

---

## Président :

1. M. W. FOERSTER, Professeur à l'Université, Ahorn Allee 32, Westend, *Berlin-Charlottenbourg*.

## Secrétaire :

2. M. P. BLASERNA, Sénateur du Royaume d'Italie, Président de l'Académie dei Lincei, Professeur à l'Université, via Panisperna 89<sup>b</sup>, *Rome*.

## Membres :

3. M. A. ARNDTSEN, Directeur général des Poids et Mesures, *Christiania*.
4. M. F. DE P. ARRILLAGA, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, 26, Valverde, *Madrid*.
5. M. L. DE BODOLA, Conseiller aulique, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'École Polytechnique, 9, Horansky Utca, *Budapest*.
6. M. GASTON DARBOUX, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, 36, rue Gay-Lussac, *Paris*.
7. M. N. EGOROFF, Directeur de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, 19, Zabalkansky, *Saint-Petersbourg*.
8. M. R. GAUTIER, Professeur à l'Université, Directeur de l'Observatoire, *Genève*.
9. Sir DAVID GILL, Membre de la Société Royale de Londres, 34, De Vere Gardens, *Londres, W.*

10. M. K.-B. HASSELBERG, Président de l'Académie des Sciences, *Stockholm.*
11. M. St.-C. HÉPITÉS, Directeur supérieur du Service central des Poids et Mesures, 43, boulevard Coltei, *Bucarest.*
12. M. V. VON LANG, Membre de la Chambre des Seigneurs, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université, 3, Türkenstrasse, *Vienne.*
13. M. SAMUEL-W. STRATTON, Directeur du Bureau of Standards, *Washington.*
14. M. A. TANAKADATE, Professeur à l'Université impériale, *Tokyo.*
15. M. J.-RENÉ BENOÎT, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, *Sèvres.*

**Membres honoraires :**

1. M. DE MACEDO, ancien Ministre plénipotentiaire du Portugal, *Lisbonne.*
2. M. A.-A. MICHELSON, Professeur à l'Université, *Chicago.*



---

LISTE DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 1<sup>er</sup> MARS 1909.

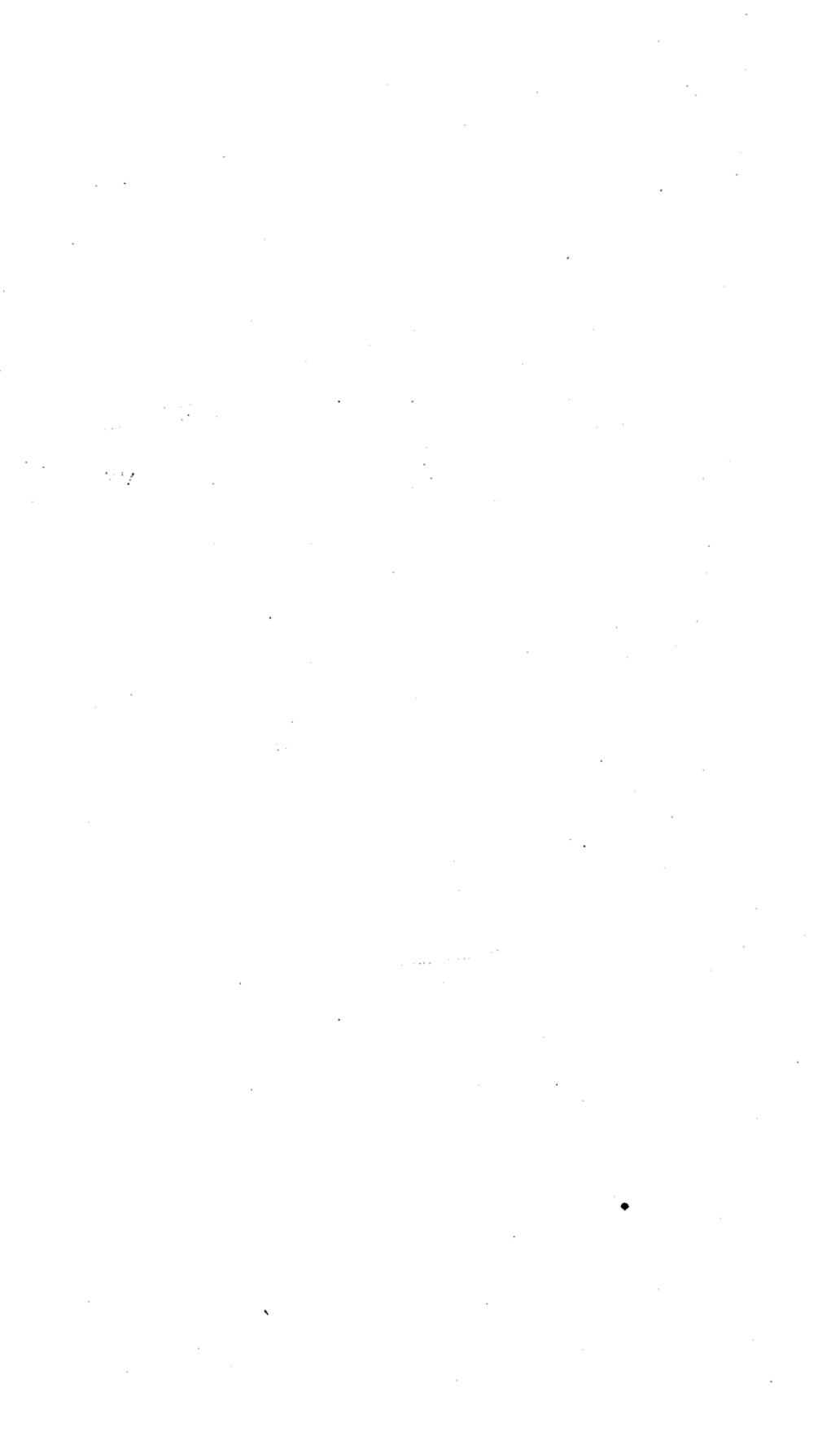
---

Directeur .....	M. J.-RENÉ BENOÎT.
Directeur adjoint.....	M. CH.-ÉD. GUILLAUME.
Assistants .....	M. L. MAUDET.
	M. A. TARRADE.
	M. A. PERARD.
Calculateurs.....	M. V. VIARD.
	M. R. SERMANTIN.

Membre honoraire du Bureau international :

M. P. CHAPPUIS, 34, Sevogelstrasse, à *Bâle*.

---



COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

---

## SESSION DE 1909.

---

### PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL,

Mardi 23 mars 1909.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOIT, BLASERNA, DE BODOLA, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, GILL, VON LANG.

M. GUILLAUME, invité, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 3<sup>h</sup>.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue aux membres du Comité, et constate que, le *quorum* réglementaire étant dépassé, le Comité est en nombre pour délibérer valablement. Il déclare donc ouverte la session de 1909.

M. le PRÉSIDENT regrette l'absence de MM. Hasselberg, Hépîtès et Tanakadate, retenus dans leurs pays, ainsi

qu'ils l'en ont informé, par des raisons de force majeure. M. Tanakadate, en s'excusant de son absence, a délégué sa voix à M. Foerster. Quant à l'absence, pour cette séance, de M. Darboux, nouvel élu au sein du Comité, et de M. Stratton, qui doit arriver de l'Amérique, elle n'est probablement que momentanée. M. le Président n'aura donc qu'à la prochaine séance l'honneur de présenter M. Darboux à ses collègues.

M. le PRÉSIDENT prononce quelques paroles de profond regret pour la grande perte qu'a faite le Comité depuis sa dernière session, en la personne de MASCART, décédé le 26 août dernier. Il annonce que M. le Secrétaire retracera dans la prochaine séance la vie si digne et si féconde du regretté collègue.

M. le PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. BENOIT, Directeur du Bureau international, pour la lecture de son Rapport réglementaire sur l'activité du Bureau pendant les dix-huit mois écoulés depuis la dernière session.

M. BENOIT donne lecture du Rapport suivant.

## RAPPORT SUR LES EXERCICES 1906-1907 ET 1907-1908.

---

Comme de coutume, j'ai à rendre compte dans ce Rapport de la gestion du Bureau international des Poids et Mesures et des principaux faits qui l'ont marquée, depuis la précédente session, et à donner un aperçu des travaux qui ont occupé le Bureau pendant cette période.

### I. — PERSONNEL.

La fin de l'année dernière a amené quelques changements dans notre personnel. M<sup>lle</sup> de Bauller ayant dû quitter le Bureau pour cause de santé, nous l'avons remplacée par un jeune homme, M. Viard, licencié en droit, qui, bien que ses études antérieures aient dû, semble-t-il, le préparer assez mal à aborder un champ d'activité si différent, est entré cependant dans cette nouvelle voie avec goût, activité et succès. M. Viard, tout en nous prêtant son aide, suivant les besoins, pour divers travaux, a été chargé spécialement, après un apprentissage dirigé par M. Guillaume, des études de thermomètres, pour lesquelles se produit précisément en ce moment une recrudescence de demandes.

Afin de décharger nos Assistants et nous-mêmes, dont le temps peut être employé plus utilement, du travail matériel considérable résultant chaque jour de la mise au net, copie et réduction immédiate des observations faites par chacun, nous avons engagé en plus un jeune garçon, M. Sermantin, qui, après ses études à l'école communale de Sèvres, a passé trois ans aux Écoles de commerce Bertrand et Jules-Ferry, à Versailles. Ce jeune homme, dont nous avons fait un dactylographe, nous est également utile pour la correspondance. Jusqu'à présent, il nous a donné toute satisfaction.

On verra plus loin, par le compte rendu des travaux exécutés ou actuellement en cours, que ce personnel, ainsi légèrement augmenté, est encore insuffisant pour satisfaire aux services, continuellement croissants, qui sont demandés à notre Institution. Cette question présente des difficultés de divers ordres ; elle sera cependant à examiner, et il y aura certainement lieu de prendre des mesures, qui s'imposent avec une urgence de plus en plus impérieuse.

## II. — BATIMENTS.

Il y a ici peu de chose à signaler. On verra, au Chapitre de la Comptabilité, que les dépenses faites de ce chef, dans les deux exercices, sont restées très sensiblement dans les limites prévues pour l'entretien normal et ordinaire de nos bâtiments. Effectivement, aucune réparation ou construction d'une importance exceptionnelle n'a été faite pendant cette période. Je puis indiquer comme la plus importante la réfection du pavage, contre le Pavillon, sur le côté Est de notre cour. L'ancien pavé, posé à même sur la terre, non jointoyé et sans aucune solidité, laissait filtrer les eaux de pluie, et l'humidité pénétrer les murs du bâtiment, qui en porte, de ce côté, les effets trop visibles sur toute la longueur du sous-sol et du rez-de-chaussée. Le nouveau pavage, posé sur béton et jointoyé au ciment, fera disparaître, on peut l'espérer, ou tout au moins atténuer cet inconvénient, et aura le même effet favorable qu'a eu, sur les sous-sols de notre Observatoire, le travail semblable exécuté il y a quelques années. Cette réparation a été faite pour le prix à forfait, débattu avec l'entrepreneur, de 2171<sup>fr.</sup>

Je signalerai encore la réfection, entièrement à neuf, d'une partie de la couverture de l'ancien bâtiment des communs, arrivée à un état de délabrement qui la rendait définitivement irréparable.

Enfin, nous avons augmenté et très sensiblement amélioré notre très petit atelier, en lui ajoutant une grande pièce prise sur le logement, au rez-de-chaussée sur le jardin, autrefois occupé par notre mécanicien, et qui était resté inutilisé depuis que celui-ci en était sorti. Bien que ce logement fût contigu, il n'a pas suffi d'ouvrir une porte de communication et de faire quelques aménagements intérieurs ; une différence de niveau assez importante a obligé, en effet, à construire un escalier de quelques marches entre l'ancien atelier et cette annexe.

### III. — MACHINES ET INSTRUMENTS.

On se rappelle que, lors de la dernière session, nous fûmes obligés de nous récuser, devant une demande d'étude transmise par notre Collègue Sir David Gill, par suite de l'impossibilité où se trouvait le Bureau d'y satisfaire dans l'état présent de son matériel. Il s'agissait de la mesure d'une règle de 2<sup>m</sup>, 5 environ de longueur, ayant servi à des opérations géodésiques. Or, par notre comparateur universel, nous pouvons déterminer une longueur quelconque comprise entre 0<sup>m</sup> et 2<sup>m</sup>; par notre comparateur géodésique, des longueurs de 3<sup>m</sup> et 4<sup>m</sup> exactement; mais nous n'avons aucun moyen de déterminer des longueurs intermédiaires entre ces dernières. S'il nous est arrivé cependant, par exception, d'étudier à diverses reprises des règles de 10 pieds anglais, c'est grâce à ce que 10 pieds sont très voisins de 3 mètres, et qu'il a été possible d'atteindre cette longueur à l'aide d'une équerre de rechange, portant le quatrième microscope du comparateur et déplaçant celui-ci de 45<sup>mm</sup> environ hors de sa position normale.

Cette lacune dans nos moyens était regrettable; et, dans sa session de 1907, le Comité nous avait autorisés à étudier une transformation du comparateur géodésique qui permettrait de la combler, et à procéder à cette transformation, si elle était reconnue réalisable. Ce programme est actuellement partiellement rempli; il ne pouvait, d'ailleurs, en aucun cas, l'être complètement à la date actuelle, par la raison que le comparateur géodésique a été, comme j'aurai l'occasion de le montrer tout à l'heure, presque constamment occupé, pendant la dernière période, par les déterminations demandées et urgentes de nombreuses règles de diverses longueurs; or, il faut compter qu'une réparation, qui entraînera une retouche des fondations mêmes de l'instrument, le déplacement et la retaille de quelques-uns de ses piliers, un changement complet dans les organes de support des microscopes, avec de minutieux réglages, et en outre d'inévitables modifications, plus ou moins importantes, dans les parties accessoires, auges et leurs couvercles, transmissions de mouvements, appuis pour les observateurs, etc., nous privera de l'usage de ce comparateur pendant plusieurs mois. Il faudra donc choisir un moment favorable pour entreprendre ce travail. En attendant, les études ont été faites avec la collaboration de la Société

Genevoise ; celle-ci nous a soumis des plans qui, après avoir été soigneusement examinés et révisés, ont été finalement adoptés. La Société Genevoise a été chargée de la construction des pièces nécessaires ; et j'espère pouvoir, avant la fin de la session, mettre ces pièces sous les yeux du Comité. Le programme que nous nous sommes tracé consiste à transformer le comparateur géodésique en un comparateur universel, pouvant permettre de déterminer une longueur quelconque jusqu'à 4<sup>m</sup>, et même, dans des conditions un peu moins parfaites, jusqu'à 5<sup>m</sup>, et aussi d'étalonner complètement la subdivision d'une règle de 4<sup>m</sup>. Je ne m'étendrai pas ici sur les dispositions à l'aide desquelles il sera possible d'atteindre ce double but : les explications seront données plus utilement devant l'instrument lui-même et à côté des pièces destinées à sa transformation.

Nous avons jugé utile de demander encore à la Société Genevoise deux nouvelles règles de 4<sup>m</sup>, à section en H, un peu plus fortes que celle que nous possédons déjà. La première, qui est en acier-nickel à 42 pour 100 de nickel, vient de nous être livrée. La remarquable stabilité de cet alliage avec le temps nous permettra d'en faire un étalon permanent de 4<sup>m</sup>, et nous dispensera de procéder à un nouvel étalonnage complet, toutes les fois qu'il y aura lieu de la prendre comme terme de comparaison. La seconde, qui doit être en alliage à 36 pour 100 ou invar, est principalement destinée à la mesure de notre base d'étalonnage des fils géodésiques. Les changements lents que subit l'invar en vieillissant obligeront à la redéterminer de temps en temps, par simple comparaison avec la précédente ; mais sa très faible dilatabilité la rendra précieuse pour des opérations dans lesquelles la mesure de la température est forcément peu précise.

Depuis quelque temps, notre comparateur universel nous causait assez souvent de sérieux ennuis. Après vingt-cinq ans environ de service continu, le fonctionnement de certains de ses organes commençait à devenir défectueux ; certaines transmissions se dérangent fréquemment et parfois refusaient leur service. Je me suis décidé, en conséquence, à le faire démonter et réviser entièrement par notre mécanicien, M. Huetz. Les pièces usées ou abimées ont été réparées ou remplacées, et quelques perfectionnements ont été introduits. En même temps, on a modifié les dispositions, extrêmement incommodes, de la boîte qui l'enveloppe, de manière à rendre accessibles toutes les parties de l'appareil ; à permettre les visites,

nettoyages et graissages qui sont indispensables de temps en temps, sans être obligé, comme précédemment, de la démonter. L'instrument peut être actuellement considéré comme entièrement remis à neuf.

En ce qui concerne les prototypes, le vœu, exprimé lors de la dernière session par la Commission des Instruments et Travaux, d'utiliser les Règles-types I et II, en platine iridié, autrefois construites par Brunner, pour en faire, après les avoir repolies et retracées, de nouveaux témoins du Mètre, a reçu satisfaction. M. Huetz est parvenu, non sans avoir eu à faire d'abord de nombreux essais et à surmonter bien des difficultés, à réaliser sur les surfaces un très beau poli spéculaire; et j'ai moi-même fait les tracés, au moyen de notre machine à diviser. Mais je reviendrai sur ce point à propos des travaux.

Pour répondre à une autre préoccupation du Comité, j'ai commandé à M. Jobin une série de types ou étalons de longueur, à bouts, en quartz, pour de petites longueurs, savoir : 1<sup>cm</sup>, 2<sup>cm</sup>, 3<sup>cm</sup>, 4<sup>cm</sup>, 5<sup>cm</sup> et 10<sup>cm</sup>. La construction de ces pièces est déjà très avancée, et elles nous seront sans doute livrées prochainement. On appliquera à leur détermination les procédés les plus précis, c'est-à-dire les procédés interférentiels. Dans cette prévision, j'ai acquis également, chez M. Jobin, un polariseur et un nicol, qui seront nécessaires lorsqu'on voudra employer la méthode de Macé de Lépinay. C'est aussi dans la prévision de ces mesures que j'ai fait établir, dans le fond de la salle VI de notre Observatoire, qui contient déjà l'appareil Michelson, une grande et forte table d'ardoise, montée sur piliers de pierre, et sur laquelle ces expériences pourront être installées dans des conditions de stabilité satisfaisantes.

Je n'insiste pas sur un certain nombre d'améliorations introduites dans certaines de nos installations : le remplacement de l'ancien réservoir, en tôle galvanisée, complètement usé, qui alimentait la circulation d'eau chauffée à température constante dans le comparateur pour la mesure des dilatations, par un nouveau réservoir en cuivre, plus solide et mieux aménagé; l'adjonction d'une lampe à arc au mercure, permettant d'éclairer artificiellement l'échelle de notre principale balance, lorsque, pendant les sombres et courtes journées d'hiver, la lumière naturelle fait défaut, etc. Je terminerai en signalant seulement, parmi les instruments d'ordre secondaire

nouvellement acquis, une petite balance, de la maison Sauter, d'Ebingen, permettant de faire, avec une précision moyenne, des pesées rapides sur des charges ne dépassant pas 100 grammes.

#### IV. — COMPTES.

Pour faire suite à mon Rapport de la précédente session, j'ai à rendre compte des deux exercices financiers de 1907 et 1908. Je le ferai sous la forme habituelle, en passant successivement en revue les cinq Comptes dans lesquels se subdivise la comptabilité du Bureau international.

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

D'après les <i>Procès-verbaux</i> de 1907 (p. 10 et 33), le Compte I possédait, au commencement de l'exercice de 1907, un actif disponible de .....	fr 22492,93
Pendant l'année 1907, l'accession du Canada à la convention du Mètre lui a valu, à titre de Contribution d'entrée, une recette de...	fr 7798,00
Son actif s'est en outre augmenté de la part qui doit lui revenir sur le produit des <i>taxes de vérifications</i> . Les recettes perçues de ce chef ayant été, en 1907, de 3385 <sup>fr</sup> ,00, il a été versé, au Compte I, conformément à la règle établie, les 1000 <sup>fr</sup> restants devant rentrer au Compte IV ( <i>Caisse de secours et de retraites</i> ), une somme de.....	2385,00
L'actif du Compte I s'est donc augmenté, au cours de 1907, de.....	<hr/> 10183,00
et a, par conséquent, atteint à la fin de cet exercice.....	32675,93
En 1908, l'accession à la Convention du Mètre de deux nouveaux États a encore fait rentrer au Compte I les recettes suivantes :	
A reporter.....	<hr/> 32675,93

Report.....	fr	32675,93
Contribution d'entrée du Chili.....	4827,00	
» » de l'Uruguay.....	2909,00	
Il a reçu en outre, sur les recettes des <i>Taxes de vérifications</i> , après déduction de 1000 <sup>fr</sup> à verser encore au Compte V.....	4045,00	
		<u>11781,00</u>
Comme, d'autre part, aucune dépense n'a été inscrite sur ce Compte au cours de ces deux exercices, il reste, à la fin de 1908, avec un actif disponible de.....		<u><u>44456,93</u></u>

### II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Au commencement de 1907, le Compte II possédait ( <i>Procès-verbaux</i> de 1907, p. 12 et 33) un actif disponible de.....	fr	20697,95
Conformément à une décision prise par le Comité, on a reversé sur ce Compte les dépenses relatives aux travaux exécutés, dans le cours des années précédentes, sur la question du rapport du Mètre aux longueurs d'ondes fondamentales. Le relevé de ces dépenses, qui avaient été temporairement imputées sur le Compte III, a été donné dans les <i>Procès-verbaux</i> de la précédente session (p. 13). Leur total montait à.....		<u>10261,10</u>
Aucune nouvelle dépense n'ayant été inscrite en 1908, le Compte II reste donc, à la fin du dernier exercice, avec un actif disponible de		<u><u>10436,85</u></u>

### III. — Frais annuels.

Le Compte III possédait au commencement de l'exercice de 1907 ( <i>Procès-verbaux</i> de 1907, p. 18 et 35) un actif disponible de.....	fr	163827,45
A reporter.....	163827,45	

Report ..... fr 163827,45

Pendant le courant de l'année 1907, les recettes de ce Compte ont été les suivantes :

1. Versements faits par les États :

Contributions réglementaires pour 1907 (1)....	fr 97911,00	
Premier versement annuel du Canada, nouvellement entré dans la Convention.	786,00	
		<u>98697,00</u>

2. Intérêts bonifiés :

Par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	4497,20	
Par Sourmais et C <sup>ie</sup> , banquiers.....	48,40	
		<u>4545,60</u>

3. En outre, conformément à ce qui a été dit plus haut, il a été remboursé au Compte III par le Compte II une somme de.....

10261,10  
113503,70

Le total des actifs du Compte III s'est donc élevé, en 1907, à..... 277331,15

Les dépenses faites sur ce même compte, pendant cet exercice, sont indiquées dans le Tableau suivant :

---

(1) Cette somme de.....	fr 97911,00
représente les 98 942 <sup>fr</sup> de la contribution totale pour 1907 (voir <i>Rapport spécial financier</i> du 25 novembre 1906), moins la contribution du Pérou, non rentrée.....	
	<u>1031,00</u>
	<u><u>98942,00</u></u>

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel ( Directeur, Directeur adjoint, Assistants, Mécanicien, Garçon de bureau, Personnel auxiliaire pour études thermométriques )....	48520	43490,00		5030,00
B. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration :				
1. Entretien des bâtiments, dépenses, mobilier.....	6000	6106,20	106,20	
2. Achat d'instruments auxiliaires et entretien des machines et instruments.....	9000	4370,30		4629,70
3. Frais d'atelier.....	800	1045,90	245,90	
4. Frais de laboratoire.....	2000	1817,55		182,45
5. Frais de chauffage.....	3600	2533,80		1066,20
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3000	1588,00		1412,00
7. Concession d'eau.....	150	95,20		54,80
8. Primes d'assurances.....	350	352,50	2,50	
9. Frais de bureau.....	900	1254,60	354,60	
10. Bibliothèque.....	1000	660,60		339,40
11. Frais d'impressions et publications.....	9000	14865,72	5865,72	
12. Frais de secrétariat.....	1000	896,60		103,40
13. Frais divers et imprévus.....	3680	3373,45		306,55
14. Réserve.....	5000	5000,00		
	<u>100000</u>	<u>93450,42</u>	<u>6574,92</u>	<u>13124,50</u>

Le total des actifs ayant donc été, en 1907, de..... 277331,15<sup>fr</sup>  
 et le total des dépenses de..... 93450,42

il en résulte que le Compte III possédait, à la fin de cet exercice, un actif disponible de..... 183880,73

Pendant l'année 1908, les recettes du Compte III ont été les suivantes :

1. Versements faits par les États :

Contributions réglementaires pour 1908 (1)....	98920,00	fr
Contribution arriérée du Pérou (pour 1907).....	1031,00	
Contribution pour 1909, versée par anticipation par la République Argentine .....	1133,00	
Premier versement annuel des États nouvellement entrés dans la Convention : Chili, 655 <sup>fr</sup> ; Uruguay, 500 <sup>fr</sup>	<u>1155,00</u>	
		fr 102239,00

2. Intérêts bonifiés :

Par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	4484,95	
Par Sourmais et C <sup>ie</sup> , banquiers	<u>72,20</u>	
		4557,15

3. Fourniture d'étalons décimétriques.....

400,00

fr  
107196,15

Le total des actifs du Compte III s'est donc élevé, en 1908, à ... .. 291076,88

Les dépenses de ce Compte, sur ce même exercice, sont données dans le Tableau ci-après :

---

(1) Cette somme de.....	98920,00	fr
représente les 100000 <sup>fr</sup> de la contribution totale pour 1908 (voir <i>Rapport spécial financier</i> du 30 novembre 1907),		
moins la contribution du Canada, non rentrée.....	<u>1080,00</u>	
		<u><u>100000,00</u></u>

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel (Directeur, Directeur adjoint, Assistants, Mécanicien, Garçon de bureau, Personnel auxiliaire pour études thermométriques).....	48520	45117,95		3402,05
B. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration :				
1. Entretien des bâtiments, dépenses, mobilier.....	6000	6904,70	904,70	
2. Achat d'instruments auxiliaires et entretien des machines et instruments.....	9000	5458,75		3541,25
3. Frais d'atelier.....	800	820,40	20,40	
4. Frais de laboratoire.....	2000	1217,05		782,95
5. Frais de chauffage.....	3600	3354,05		245,95
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	2500	1462,85		1037,15
7. Concession d'eau.....	150	93,70		56,30
8. Primes d'assurances.....	350	352,50	2,50	
9. Frais de bureau.....	900	1186,75	286,75	
10. Bibliothèque.....	1000	961,25		38,75
11. Frais d'impressions et publications.....	9000	3552,79		5447,21
12. Frais de secrétariat.....	1000	387,00		613,00
13. Frais divers et imprévus.....	4180	3188,05		991,95
14. Réserve.....	5000	5000,00		
	<hr/> 100000	<hr/> 85057,79	<hr/> 1214,35	<hr/> 16156,56

Il n'y a que peu d'observations à faire à propos des deux Tableaux qui résument les dépenses des deux exercices de 1907 et de 1908. On peut constater qu'il est resté, dans l'un comme dans l'autre, des disponibilités relativement importantes sur le Chapitre II (*Achat d'instruments auxiliaires et entretien des machines et instruments*). Mais il faut remarquer que des dépenses, qui ne pourront être soldées que sur l'exercice prochain, et qui atteindront certainement un total assez considérable, ont été engagées, en particulier pour les types d'étalons de longueurs à bouts en quartz commandés à M. Jobin et en cours de construction, et surtout pour la transformation de notre comparateur géodésique. L'excédent sur le Chapitre II (*Frais d'impressions et publications*) en 1907, est compensé par une diminution

sensiblement de même valeur en 1908. On peut prévoir encore, pour le prochain exercice, une dépense importante sur ce même Chapitre, à cause des deux Mémoires sur le kilogramme d'eau et sur la longueur d'onde, dont le premier est complètement imprimé et sera distribué incessamment, tandis que le second, actuellement en épreuves pour la moitié à peu près, sera achevé prochainement.

Si, du total des actifs du Compte III, à la fin de 1908,	
précédemment indiqué.....	fr 291076,88
on déduit le total des dépenses du même exercice.....	<u>85057,79</u>
on trouve que ce Compte possédait, à la fin de cet exer-	
cice, un actif disponible de.....	<u><u>206019,09</u></u>

#### IV. — Caisse de secours et de retraites.

La *Caisse de secours et de retraites* possédait au commencement de l'exercice de 1907 (*Procès-verbaux* de 1907, p. 19 et 37) :

1° Un capital, placé en rentes 3 % fran-	
çaises, représentant 1363 <sup>fr</sup> de rente, et	
ayant coûté, avec commission, courtage	
et impôt.....	fr 45670,85
2° Un solde en espèces, en caisse, de.....	<u>757,15</u>
	fr 46428,00

Pendant l'exercice de 1907, la Caisse des retraites a reçu :

Retenues sur les traitements.....	827,90
Intérêts du capital placé.....	1380,50
Taxes de vérifications.....	<u>1000,00</u>
	3208,40
	<u><u>49636,40</u></u>

D'autre part, il a été acheté, pendant l'an-	
née 1907 (17 août), 70 <sup>fr</sup> de rente 3 %,	
ayant coûté, au cours du jour.....	<u><u>2207,20</u></u>

A la fin de 1907, la Caisse des retraites possédait donc 1433<sup>fr</sup> de rente, représentant, *au prix d'achat*, un capital de. 47878,05<sup>fr</sup>  
et un solde en espèces de..... 1758,35

---

Donc, à la fin de l'exercice, un actif total de ..... 49636,40<sup>fr</sup>

Pendant l'exercice de 1908, le Compte IV a reçu :

Retenues sur les traitements .....	854,90
Intérêts du capital placé.....	1433,00
Taxes de vérifications .....	1000,00
	<hr/>
	3287,90
	<hr/>
	52924,30
	<hr/>

D'un autre côté, il a encore été acheté pour ce Compte, pendant l'année 1908 (18 novembre), 109<sup>fr</sup> de rente 3 %/o, qui ont coûté, avec commission, courtage et impôt..... 3511,50

---

Il en résulte que, à la fin de l'exercice de 1908, la Caisse des retraites possédait 1542<sup>fr</sup> de rente, représentant, *au prix d'achat*, un capital de..... 51389,55  
et un solde en espèces de..... 1534,75

---

Soit un actif total de..... 52924,30

Comme par le passé, la Caisse de secours et de retraites n'a eu à faire face, jusqu'à présent, à aucune obligation.

#### V. — Fonds de réserve.

Le Fonds de réserve s'accroît chaque année des intérêts de son capital, et d'une somme reprise sur les excédents disponibles du Compte III, et qui a été fixée par le Comité, dans les derniers budgets, à 5000<sup>fr</sup>. Je rappelle que, en octobre 1906, il fut décidé de

constituer avec le *Fonds de réserve*, à l'exemple de ce qui avait été fait pour la *Caisse de retraites*, un compte à part, dont le capital, retiré de la Caisse des Dépôts et Consignations, serait de même transformé en titre de rentes. Cette décision a été mise à exécution dès les premiers jours de janvier 1907.

Au commencement de cet exercice, le Compte V possédait ( <i>Procès-verbaux</i> de 1907, p. 20 et 37) un actif disponible de.	fr	23694,15
Sur cette somme ont été achetés, en deux fois (10 janvier et 26 février), 741 <sup>fr</sup> de rente 3 % française, qui ont coûté, avec commission, courtage et impôt.....		23641,80
laissant en caisse un reliquat de.....		<u>52,35</u>
Dans le courant de l'année, le Fonds de réserve a reçu :		
Intérêts du capital placé.....	fr	555,75
Reçu du Compte III.....	5000,00	
		<u>5555,75</u>
Pendant l'exercice de 1908, ce Compte s'est encore accru de :		
Intérêts du capital placé.....	870,75	
Reçu du Compte III.....	5000,00	
		<u>5870,75</u>
		11478,85
D'autre part, on a acheté (20 janvier) 173 <sup>fr</sup> de rente 3 % française, ayant coûté....		<u>5519,15</u>
Il en résulte que le Fonds de réserve possédait, à la fin de l'exercice de 1908, 914 <sup>fr</sup> de rente, représentant, <i>au prix d'achat</i> , un capital de.....	fr	29160,95
et un solde en espèces, en caisse, de.....	5959,70	
		<u>35120,65</u>
Soit un actif total de .....		fr 35120,65

En mettant à part les deux Comptes IV et V, dont les fonds sont ainsi séparés, la vérification générale de la Comptabilité du Bureau

résultera de l'égalité entre la somme des actifs disponibles indiqués pour les trois Comptes I, II et III ci-dessus, 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<sup>ie</sup>, et dans la Caisse du Bureau.

Or, en récapitulant les résultats, donnés plus haut, pour la situation financière à la fin de l'année 1908, nous trouvons les actifs disponibles suivants :

Compte I.....	44456,93
» II.....	10436,85
» III.....	<u>206019,09</u>
Total.....	260912,87

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<sup>ie</sup>, et d'après nos livres de Comptabilité, nous avons au 31 décembre 1908 :

Solde à la Caisse des Dépôts et Consignations.	235189,50
» chez MM. Sourmais et C <sup>ie</sup> .....	6648,30
» dans la Caisse du Bureau.....	<u>19075,07</u>
Total égal.....	260912,87

Je compléterai ce Compte rendu, comme d'habitude, en y ajoutant les Tableaux des versements qui ont été faits par les États pendant les deux exercices 1907 et 1908.

**VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1907.**

		Contributions	
		d'entrée.	pour 1907.
Janvier	2	République Argentine.....	1165
»	21	Italie.....	7285
»	31	France.....	8524
Février	4	Suède.....	1165
»	4	Portugal.....	<u>1165</u>
		A reporter.....	19304

			Contributions	
			d'entrée.	pour 1907.
			fr	
		Report.....		19304
Février	13	Mexique.....		2987
»	21	Norvège.....		510
»	21	États-Unis d'Amérique....		11875
»	27	Danemark.....		145
Mars	14	Suisse.....		728
Avril	5	Russie.....		19015
»	15	Allemagne.....		12312
»	16	Espagne.....		4080
»	24	Autriche.....		5682
»	24	Hongrie.....		4225
Mai	21	Japon.....		7212
Juillet	18	Roumanie.....		1384
Août	13	Grande-Bretagne et Irlande		6339
»	18	Canada.....	7798 <sup>fr</sup>	786
Décembre	20	Belgique.....		1530
»	31	Serbie.....		583
			<u>7798</u>	<u>98697</u>
			106495	

VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1908.

			Contributions	
			d'entrée. arriérées.	p. 1908. anticipées.
			fr	
Janv.	24	République Argentine....		1094
Fév.	21	Suède.....		1020
»	21	Suisse.....		641
Mars	4	Italie.....		6500
Avril	9	France.....		8432
»	16	Japon.....		9969
»	21	Norvège.....		500
»	21	Chili.....	4827 <sup>fr</sup>	655
Juin	24	Russie.....		15000
Juillet	3	Allemagne.....		11683
			<u>4827</u>	<u>55494</u>

		Contributions	
		d'entrée.	arriérées. p. 1908. anticipées.
		fr	fr
	Report.....	4827	55494
Juillet	3 Autriche.....		5039
»	3 Danemark.....		500
»	3 Espagne.....		3628
»	3 Mexique.....		2622
»	3 Hongrie.....		3710
Sept.	4 Grande-Bretagne et Irlande		8512
Nov.	5 Pérou.....	1031	879
»	11 Serbie.....		518
»	13 Belgique.....		1380
»	13 Portugal.....		1045
»	25 États-Unis d'Amérique...		15000
»	25 Roumanie.....		1248
Déc.	9 Uruguay.....	2909	500
»	19 Rép. Argentine (p. 1909).		1133
		<u>7736</u>	<u>1031</u>
		<u>100075</u>	<u>1133</u>
		<u>109975</u>	

A la fin de l'année 1908, toutes les parts contributives pour cet exercice avaient été versées, excepté celle du Canada, qui vient de rentrer. Comme on le voit dans le Tableau précédent, la République Argentine a versé, par anticipation, avant la fin de l'année, sa part contributive pour l'exercice de 1909.

J'indiquerai enfin les versements qui ont été effectués depuis le 1<sup>er</sup> janvier de l'année courante jusqu'à la date actuelle.

**VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1909.**

		Contributions	
		arriérées.	p. 1909.
			fr
Janvier	2 Uruguay.....		500
Février	6 Suède.....		1008
»	11 Italie.....		6316
			<u>7824</u>
		A reporter.....	

		Contributions	
		arriérées.	p. 1909.
			fr
		Report.....	7824
Février	16	France.....	8243
»	16	Norvège.....	500
»	16	Suisse.....	fr 628
Mars	23	Canada.....	1080
			<hr/>
			1080
			17195
			<hr/>
			18275

Les contributions du Chili et du Danemark ont été versées par les Légations de ces deux États au Ministère des Affaires étrangères, mais n'ont pas encore été transmises à la Caisse des Dépôts et Consignations.

---

**COMPTES DE 1907 ET 1908.**

## COMPTES DE 1907.

### RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1907 :		
Actifs disponibles.....		fr 22492,93
Recettes des taxes de vérifications.....	2385,00	
Contribution d'entrée du Canada.....	7798,00	
		<u>10183,00</u>
Balance.....		<u>32675,93</u>

## COMPTES DE 1907.

### RECETTES.

#### II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de l'année 1907 :		
Actifs disponibles.....		fr 20697,95
Balance.....		<u>20697,95</u>

## COMPTES DE 1907.

### DÉPENSES.

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

Solde des actifs à la fin de l'année 1907 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>32675,93</u>
Balance.....	<u>32675,93</u>

## COMPTES DE 1907.

### DÉPENSES.

#### II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Rendu au Compte III :	
Dépenses relatives aux études sur le rapport du Mètre aux longueurs d'onde.....	fr 10261,10
Solde des actifs à la fin de l'année 1907 :	
Actifs disponibles.....	<u>10436,85</u>
Balance.....	<u>20697,95</u>



## COMPTES DE 1907.

### DÉPENSES.

#### III. — Frais annuels.

A. — <i>Personnel</i> (Directeur, Directeur adjoint, Assistants, Mécanicien, Garçon de bureau, Personnel auxiliaire)...	fr 43490,00	
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i> .....	6000,00	
C. — <i>Frais généraux d'administration</i> :		
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.	fr 6106,20	
2. Machines, appareils, entretien des instruments...	4370,30	
3. Frais d'atelier.....	1045,90	
4. Frais de laboratoire.....	1817,55	
5. Frais de chauffage.....	2533,80	
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	1588,00	
7. Concession d'eau .....	95,20	
8. Primes d'assurances.....	352,50	
9. Frais de bureau.....	1254,60	
10. Bibliothèque.....	660,60	
11. Frais d'impressions et publications .....	14865,72	
12. Frais de secrétariat .....	896,60	
13. Frais divers et imprévus.....	3373,45	
	<u>38960,42</u>	fr 88450,42
Versé au Compte V.....		5000,00
Remboursement aux États de la contribution pour 1905 versée par le Pérou.		1058,00
Solde des actifs à la fin de l'année 1907 :		
Arriérés de contributions pour 1907 non rentrées : Pérou.	1031,00	
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1907.	9005,00	
Actifs disponibles .....	183880,73	
		<u>193916,73</u>
 Balance .....		 <u>288425,15</u>

## COMPTES DE 1907.

### RECETTES.

#### IV. — Caisse de secours et de retraites.

Actifs au commencement de l'année 1907 :		
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	fr 45670,85	
Solde en espèces, en caisse.....	757,15	
	<u>          </u>	fr 46428,00
Retenues sur les traitements.....	827,90	
Intérêts du Capital placé.....	1380,50	
Taxes de vérifications.....	1000,00	
	<u>          </u>	3208,40
		<u>          </u>
Balance... ..		fr 49636,40

## COMPTES DE 1907.

### RECETTES.

#### V. — Fonds de réserve.

Actifs au commencement de l'année 1907 :		
Actifs disponibles.....		fr 23694,15
Intérêts du Capital placé.....	fr 555,75	
Reçu du Compte III.....	5000,00	
	<u>          </u>	5555,75
		<u>          </u>
Balance.....		fr 29249,90

## COMPTES DE 1907.

### DÉPENSES.

#### IV. — Caisse de secours et de retraites.

Solde des actifs à la fin de l'année 1907 :

Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	47878,05	fr
Solde en espèces, en caisse.....	<u>1758,35</u>	fr
		<u>49636,40</u>

Balance..... 49636,40

## COMPTES DE 1907.

### DÉPENSES.

#### V. — Fonds de réserve.

Solde des actifs à la fin de l'année 1907 :

Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	23641,80	fr
Solde en espèces, en caisse.....	<u>5608,10</u>	fr
		<u>29249,90</u>

Balance..... 29249,90

## COMPTES DE 1908.

### RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1908 :		fr
Actifs disponibles.....		32675,93
Recettes des taxes de vérifications.....	4045,00	
Contribution d'entrée du Chili.....	4827,00	
Contribution d'entrée de l'Uruguay.....	2909,00	
	<u>11781,00</u>	
Balance.....		<u>44456,93</u>

## COMPTES DE 1908.

### RECETTES.

#### II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de l'année 1908		fr
Actifs disponibles.....		<u>10436,85</u>
Balance.....		<u>10436,85</u>

## COMPTES DE 1908.

### DÉPENSES.

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

Solde des actifs à la fin de l'année 1908 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>44456,93</u>
Balance.....	<u>44456,93</u>

## COMPTES DE 1908.

### DÉPENSES.

#### II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Solde des actifs à la fin de l'année 1908 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>10436,85</u>
Balance.....	<u>10436,8</u>



## COMPTES DE 1908.

### DÉPENSES.

#### III. — Frais annuels.

A. — <i>Personnel</i> (Directeur, Directeur adjoint, Assistants, Mécanicien, Garçon de bureau, personnel auxiliaire)...	fr 45117,95
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i> .....	6000,00
C. — <i>Frais généraux d'administration</i> :	
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier...	fr 6904,70
2. Machines, appareils, entretien des instruments...	5458,75
3. Frais d'atelier.....	820,40
4. Frais de laboratoire.....	1217,05
5. Frais de chauffage.....	3354,05
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	1462,85
7. Concession d'eau.....	93,70
8. Primes d'assurances.....	352,50
9. Frais de bureau.....	1186,75
10. Bibliothèque.....	961,25
11. Frais d'impressions et publications.....	3552,79
12. Frais de secrétariat.....	387,00
13. Frais divers et imprévus.....	3188,05
	<u>28939,84</u>
Versé au Compte V.....	fr 80057,79
Liquidation du Compte du Vénézuéla (1).....	5000,00 9005,00
Solde des actifs à la fin de l'année 1908 :	
Arriérés de contributions pour 1908 non rentrés : Canada..	1080,00
Actifs disponibles.....	206019,09
	<u>207099,09</u>
Balance.....	301161,88

(1) En inaugurant l'application du nouveau mode de calcul des contributions voté par la Conférence générale de 1907, le Comité a décidé de supprimer désormais, dans le Tableau de répartition du Rapport spécial financier annuel, ainsi que dans les Tableaux de la comptabilité insérés aux Procès-Verbaux, la mention inutile de la dette, croissante à chaque exercice, du Vénézuéla, qui, depuis 24 ans, a cessé de payer ses parts contributives et de répondre aux communications du Comité, et qui doit être considéré comme étant sorti de fait de la Convention.

## COMPTES DE 1908.

### RECETTES.

#### IV. — Caisse de secours et de retraites.

Actifs au commencement de l'année 1908 :	
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	47878,05 <sup>fr</sup>
Solde en espèces, en caisse.....	1758,05
	<hr/>
	49636,40 <sup>fr</sup>
Retenues sur les traitements.....	854,90
Intérêts du capital placé.....	1433,00
Taxes de vérifications.....	1000,00
	<hr/>
	3287,90
Balance.....	<hr/>
	52924,30

## COMPTES DE 1908.

### RECETTES.

#### V. — Fonds de réserve.

Actifs au commencement de l'année 1908 :	
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	23641,80 <sup>fr</sup>
Solde en espèces, en caisse.....	5608,10
	<hr/>
	29249,90 <sup>fr</sup>
Intérêts du capital placé.....	870,75
Reçu du Compte III.....	5000,00
	<hr/>
	5870,75
Balance.....	<hr/>
	35120,65

## COMPTES DE 1908.

### DÉPENSES.

#### IV. — Caisse de secours et de retraites.

Solde des actifs à la fin de l'année 1908 :	
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	51389,55 <sup>fr</sup>
Solde en espèces, en caisse.....	<u>1534,75</u>
	52924,30 <sup>fr</sup>
	<hr/>
Balance.....	<u>52924,30</u>

## COMPTES DE 1908.

### DÉPENSES.

#### V. — Fonds de réserve.

Solde des actifs à la fin de l'année 1908 :	
Capital placé en rentes françaises (prix d'achat).....	29160,95 <sup>fr</sup>
Solde en espèces, en caisse.....	<u>5959,70</u>
	35120,65 <sup>fr</sup>
	<hr/>
Balance.....	<u>35120,65</u>

## V. — TRAVAUX.

Je n'aurai pas cette année, comme dans mes précédents Rapports, à rendre compte de déterminations fondamentales pour la Métrologie. Les travaux relatifs au volume du kilogramme d'eau et aux longueurs d'ondes fondamentales venaient précisément d'être achevés à l'époque de la dernière session du Comité, auquel nous avons pu en exposer les résultats. Mais il restait à en continuer la publication, sur laquelle je reviendrai. Je dois pourtant signaler une étude complémentaire fort utile des recherches relatives à la densité de l'eau. L'action de l'air dissous, dont la connaissance est nécessaire pour faire la réduction à la densité de l'eau privée d'air, semblait encore insuffisamment connue. Je rappellerai seulement qu'à l'époque où le Dr Broch entreprit la revision des travaux fondamentaux de Lefèvre-Gineau et Fabbroni, on pensait que la dissolution de l'air augmentait la densité de l'eau d'une quantité pouvant atteindre 30<sup>ms</sup> par litre. Depuis lors, les expériences faites par M. Marek, d'abord au Bureau international, puis à la Normal-Aichungs-Kommission à Vienne, avaient montré que l'action est de sens inverse et beaucoup plus petite; mais, d'après une communication que nous avait faite M. Marek, ses dernières expériences ne l'avaient pas entièrement satisfait, et il considérait la question comme incomplètement résolue. Le programme très chargé de travail du Bureau ne nous laissant aucun espoir de pouvoir entreprendre, dans un délai rapproché, une étude aussi délicate, nous pensâmes à demander à M. Chappuis de vouloir bien s'en charger, certains d'avance que cette difficile recherche ne saurait être confiée à de meilleures mains.

M. Chappuis a bien voulu se rendre à notre désir, et j'ai la satisfaction de mettre sous les yeux du Comité le Mémoire qu'il vient de publier sur cette question.

Cette publication me permettra d'être bref au sujet de ce travail. Je me bornerai à dire que M. Chappuis a procédé par deux méthodes différentes, celle du flacon et celle des pesées hydrostatiques. Les résultats fournis par ces deux méthodes étant, autant qu'on puisse le prévoir, affectés d'erreurs de sens contraire, on pouvait espérer obtenir, en les combinant, une valeur sensiblement exacte de la quantité cherchée.

Le résultat de tout le travail de M. Chappuis est le suivant :

Par la dissolution de l'air à saturation, la densité de l'eau diminue, entre 6° et 8° :

Suivant la méthode du flacon, de.....	$\frac{\text{mg}}{\text{par litre}}$	3,7
Suivant la méthode hydrostatique, de....		<u>2,4</u> »
Moyenne.....		3,0 »

Ce nombre est pratiquement identique à celui qu'avait donné M. Marek, dont le travail est ainsi reconnu beaucoup plus parfait que lui-même ne l'avait pensé. Comme les réductions de la densité de l'eau aux conditions normales avaient été faites, dans nos recherches, en utilisant les nombres de M. Marek, nous n'aurons, de ce fait, aucune correction à introduire dans nos résultats.

J'indiquerai, dans la suite de ce Rapport, les questions d'intérêt général dont nous avons eu à nous occuper depuis la dernière session; mais il me paraît nécessaire d'attirer dès maintenant l'attention du Comité sur la charge croissante des travaux spéciaux qui nous incombent. Une comparaison du nombre des certificats délivrés dans l'intervalle des sessions successives le montrera à l'évidence. En nous limitant aux trois dernières périodes, nous trouvons les nombres suivants :

Avril 1903-mars 1905, 24 mois.....	97	certificats
Avril 1905-septembre 1907, 30 mois.....	140	»
Octobre 1907-mars 1909, 18 mois.....	140	»

Les moyennes annuelles de ces trois intervalles sont donc respectivement 48, 56, 93; la charge des études depuis près de cinq ans a donc presque doublé. La statistique comparative de la nature des études demandées au Bureau montrera, dans un instant, les modifications graduelles des services qu'il est appelé à rendre.

Je voudrais maintenant attirer particulièrement l'attention du Comité sur quelques travaux d'un intérêt exceptionnel.

Depuis quelques années, nous étions entrés en relations suivies avec la direction de l'*India Survey*, en vue d'effectuer les déterminations permettant de réduire le grand arc de la péninsule hindoue, à la mesure duquel des travaux d'une extrême importance ont été consacrés. A la suite d'une visite que fit au Bureau le Capitaine Turner, il fut décidé que le Service géodésique des Indes ferait

de nouvelles mesures de bases au moyen de fils, dont l'étude nous serait demandée. Mais, pour rattacher le passé à l'avenir, il parut désirable de soumettre à une nouvelle détermination la règle principale de dix pieds anglais, désignée sous le nom de *Standard A*, et que Clarke avait déjà mesurée à l'*Ordnance Survey Office*, à Southampton.

Cette règle est une forte barre de fer, échancrée aux deux bouts de manière à mettre à découvert le plan des fibres neutres, dans lequel affleurent deux mouches de platine marquées de deux points, qui définissent les extrémités de la longueur que la règle représente.

Elle a été déterminée au Bureau, dans le courant de l'été dernier, par M. Guillaume, aidé de M. Tarrade, en fonction des quatre intervalles de dix pieds anglais que j'avais marqués, sur nos deux règles géodésiques en fer, à l'occasion du travail analogue demandé par l'*Ordnance Survey*, dont il a été question dans mon précédent Rapport. Les irrégularités des points servant de repères ont rendu cette détermination assez difficile, et n'ont pas permis de lui assurer une précision élevée; il semble cependant qu'on puisse garantir à peu près le millionième de la valeur trouvée.

Il était intéressant de comparer le résultat de cette nouvelle étude avec celui qui avait été obtenu autrefois. Or, si l'on prend la valeur *en mètres* que Clarke a donnée pour cette règle, on la trouve de  $0^{\text{mm}},0394$  plus faible que celle à laquelle nous sommes arrivés. Mais on peut procéder autrement, et partir de la valeur *en yards* que lui assignait Clarke, puis ramener au Mètre à l'aide de l'équivalent entre le Mètre et le Yard que j'ai déterminé il y a quelques années. La différence est encore de même sens, mais elle n'est plus que de  $0^{\text{mm}},0147$ , quantité qui n'est certainement pas supérieure à la somme des erreurs qui ont pu être commises dans les diverses déterminations de la règle, et des divergences entre les échelles thermométriques auxquelles ces valeurs ont été rapportées.

Je terminerai ce que j'ai à dire sur ce sujet en ajoutant qu'à la suite de cette détermination, et en prévision de l'emploi de fils d'invar déterminés au Bureau, la Direction du Service géodésique de l'Inde s'est décidée, sur les conseils qui lui ont été donnés par notre Collègue Sir D. Gill, ainsi que par Sir G. Darwin et par le professeur Backlund, à rapporter au Mètre les valeurs des bases de l'Inde. C'est là un résultat très appréciable des services rendus par le Bureau à cette occasion.

Deux autres règles géodésiques, déjà étudiées autrefois au Bureau,

ont été mesurées de nouveau ; ces deux règles sont celles que le Dr. Broch avait fait construire, en 1888, pour le Service géodésique de Norvège et pour l'Académie des Sciences de Stockholm. Cette dernière, renvoyée au Bureau aussitôt après avoir servi, au Spitzberg, dans les mesures de l'Expédition russo-suédoise, a été depuis cette époque déterminée par nos soins déjà à deux reprises différentes. Il nous avait paru utile de la garder encore pour la faire intervenir dans les comparaisons avec la Règle norvégienne.

Dans leur état primitif, ces deux règles étaient supportées par deux rouleaux, qui leur étaient fixés par de fortes pièces de fer. La Règle suédoise n'a pas été modifiée, tandis que la Règle norvégienne a été séparée de ses rouleaux, par les soins de MM. Repsold frères, et placée sur une double poutre de fer, sur laquelle elle repose par deux petits galets jumelés, ainsi que sur deux pointes mousses. Les points de support sont les mêmes qu'autrefois. Malgré ces modifications, les deux règles présentent encore, au micron près, les équations relatives que nous avons établies en 1890.

Mais leurs comparaisons faites en série fermée avec nos deux règles de fer ont montré qu'elles se sont raccourcies toutes les deux de 12<sup>μ</sup> environ, soit  $\frac{3}{1000000}$  de leur longueur, quantité dont il y a lieu de tenir compte dans les opérations géodésiques. En 1903, nous avons déjà trouvé la Règle suédoise raccourcie de 10<sup>μ</sup>. Il semble donc que la contraction se soit poursuivie depuis lors.

Pour ce dernier travail, nous avons constitué, M. Guillaume et moi, deux groupes indépendants d'observateurs avec M. Maudet.

Une nouvelle détermination de la Règle en invar du Service géographique de l'Armée française, que nous avons effectuée de même en deux groupes d'observateurs, avec la coopération de M. Tarade, a montré que cette règle a continué à s'allonger normalement dans le cours du temps. La nouvelle détermination que nous venons de faire servira à réduire la valeur des bases de Tunisie, déterminées dans le courant de l'hiver dernier, par cette règle, et en même temps par des fils.

Nous avons profité de cette détermination pour faire un nouvel étalonnage de notre Règle géodésique d'invar, que nous avons, en outre, comparée à la Règle du Service géographique français. La série s'est fermée aussi bien qu'on pouvait l'espérer.

J'ai à parler maintenant d'un travail assez considérable effectué pour la Section topographique de l'État-Major de l'Armée russe, que

dirige le général Artamanoff, travail qui a consisté dans l'étude de douze règles, dont cinq de 3<sup>m</sup> et sept de 1<sup>m</sup>, destinées aux divers Instituts géodésiques de l'Empire russe, où sont installées des bases de contrôle des fils géodésiques.

Quatre des règles de 3<sup>m</sup> sont en invar, et doivent servir directement à la mesure des bases. La cinquième est en acier-nickel à 42 pour 100, alliage qui présente une dilatation encore faible et est doué d'une grande stabilité dans le cours du temps. Des sept règles de 1<sup>m</sup>, l'une est en invar de la même coulée que les quatre règles de 3<sup>m</sup>, et devait servir surtout à mesurer la dilatation de cette coulée; nous l'avons employée aussi à l'étalonnage de ces quatre règles. Les six autres sont du même alliage que la cinquième règle de 3<sup>m</sup>; elles constitueront les étalons de référence des Instituts géodésiques de l'Empire russe.

Ces dernières règles ont été étudiées individuellement; M. Guillaume a déterminé leur dilatation en même temps que l'équation de la Règle d'invar, tandis que M. Maudet a déterminé les équations des six autres, et les a comparées entre elles.

Nous avons alors procédé, pour les règles de 3<sup>m</sup>, comme pour les autres règles géodésiques, à des déterminations par deux groupes d'observateurs, à chacun desquels M. Tarrade a été associé. Chacune des règles a été étalonnée complètement; puis nous les avons comparées entre elles en série fermée, en retournant, comme à l'ordinaire, les règles bout pour bout, en les intervertissant sur leurs supports, et en échangeant également les observateurs aux deux microscopes.

Grâce à cet ensemble de travaux, auxquels est venue se joindre la détermination d'une nouvelle série de vingt-sept fils et rubans, le Service géodésique de l'Empire russe est aujourd'hui pourvu d'un ensemble d'appareils dont l'équivalent ne se retrouve, à notre connaissance, en aucun autre pays.

Parmi les études importantes que je dois signaler encore, est celle qui avait été décidée par le Comité, pour une nouvelle détermination de nos Règles type I et type II, avant qu'il fût procédé à un nouveau tracé de ces deux étalons. On se souvient, en effet, que ces deux règles, de forme rectangulaire à talons, avaient été tracées par les frères Brunner sur poli mat, en traits bien nets, mais beaucoup plus larges que ceux qu'on fait aujourd'hui; elles possédaient, en plus, une équation déjà assez forte pour faire intervenir,

dans les comparaisons de règles métriques très approchées, une longueur notable à mesurer au micromètre.

Les nouvelles déterminations ont été faites par M. Guillaume. Chacune des Règles types a été comparée à nos deux étalons principaux n° 26 et T<sub>3</sub>. Pour varier les conditions de ces comparaisons, celles avec 26 ont été faites au moyen du comparateur Brunner; les autres au moyen du comparateur à dilatation. Les résultats (à 0°) obtenus ont été les suivants :

Par le comparateur Brunner.....	}	Type I....	$1 + 75,75^{\mu}$
		Type II...	$1 + 80,35^{\mu}$
Par le comparateur à dilatation ...	}	Type I....	$1 + 75,25^{\mu}$
		Type II...	$1 + 79,69^{\mu}$
Compensation de tous les résultats.	}	Type I....	$1 + 75,47^{\mu}$
		Type II...	$1 + 80,02^{\mu}$

Les équations obtenues à chaque comparateur montrent une très bonne concordance; mais l'accord est un peu moins parfait lorsqu'on rassemble, dans une même compensation, les résultats obtenus aux deux comparateurs. La raison probable en est dans une petite différence de l'aspect des traits des Règles types suivant l'éclaircissement, la qualité des images, etc. On voit en effet que les équations déduites de 26 et de T<sub>3</sub> diffèrent d'une quantité appréciable, tandis que toutes les comparaisons directes faites à diverses époques entre nos deux étalons principaux ont confirmé les équations relatives admises d'après les comparaisons antérieures avec le Prototype international.

Les dernières équations adoptées pour les Règles types étaient les suivantes (1) :

	Type I.	Type II.
En 1888, d'après des comparaisons avec I <sub>2</sub> .	+75 <sup>μ</sup> ,58	+80 <sup>μ</sup> ,31
En 1894, d'après des comparaisons avec 26.	+75 <sup>μ</sup> ,45	+80 <sup>μ</sup> ,22

Les équations des règles types sont donc confirmées dans les limites des erreurs d'observation, et l'on conclut qu'il n'y a pas lieu de tirer, des nouvelles comparaisons, d'autres relations que celles auxquelles avaient conduit les déterminations anciennes.

---

(1) *Travaux et Mémoires*, t. XI, p. B.21.

Après ces dernières comparaisons, j'ai fait repolir, par M. Huetz, les surfaces des Règles types, et je viens de procéder à leur nouveau tracé. Cette opération a pleinement réussi, et le Bureau se trouve ainsi en possession de deux nouveaux étalons, d'une valeur métrologique égale à celle de ses prototypes principaux, tandis que, dans leur état précédent, ces Règles types ne pouvaient guère nous être d'aucun usage.

J'ai peu de chose à dire au sujet de l'étude des fils, sinon qu'elle ne s'est nullement ralentie depuis la dernière session, ainsi qu'on le verra par la liste des certificats annexée à ce Rapport. Les derniers résultats ont été mentionnés dans la quatrième édition de notre Notice sur la *Mesure des Bases*, parue il y a quelques mois, et sur laquelle je reviendrai en partant de nos publications.

Au moment de la dernière session, le nombre de nos observations faites sur les fils était de 28000 environ. Nous dépassons 36000 aujourd'hui. M. Guillaume les a effectuées, pour la plus grande partie, avec M. Tarrade, qui a eu, comme par le passé, la charge des dossiers et des calculs de réduction des fils et rubans.

Parmi les travaux d'un intérêt général, je signalerai encore l'étude très complète du comparateur Hartmann et des étalons à bouts qu'a exécutée M. Pérard. Après l'étude que j'en avais faite moi-même, il restait, au sujet de ce comparateur, un certain nombre de questions incomplètement résolues; il y avait lieu, notamment, de faire une nouvelle étude des erreurs périodiques de la vis, des déformations produites par la pression des palpeurs, etc. Les valeurs absolues des étalons avaient été d'autre part déterminées par M. Guillaume tout au début de ses travaux relatifs au volume du kilogramme d'eau; mais les perfectionnements qu'il avait apportés à ses appareils dans le cours du temps, et dont son travail principal a pu bénéficier, permettaient d'espérer une exactitude plus grande de nouvelles déterminations, notamment pour les calibres cylindriques dont le diamètre représente la valeur des plus petits étalons.

M. Pérard a donc repris ces déterminations en se servant de procédés nouveaux et très parfaits de réglage des pièces entre les palpeurs. Le résultat de son travail a confirmé les prévisions: les nouvelles valeurs des diamètres des cylindres sont un peu plus faibles que les anciennes, de 1<sup>re</sup> environ en moyenne, quantité dans laquelle interviennent, dans le même sens, les très petites erreurs

provenant des défauts de réglage de l'appareil à palpeurs à ses débuts, en même temps que la contraction possible des étalons d'acier au cours des dix années écoulées.

M. Pérard vient d'entreprendre la suite de ce travail, en déterminant à nouveau les étalons en forme de broche. Pour ces nouvelles mesures il a renoncé, sur mon conseil, à employer l'appareil à palpeurs, et se sert de la méthode d'Airy, qui nous avait donné d'excellents résultats pour la détermination de trois règles appartenant au Service géodésique du Siam, ainsi que je l'ai indiqué dans mon dernier Rapport.

L'étude des étalons à bouts gagne sans cesse en importance. Non seulement nous avons eu à établir les valeurs de nombreuses séries pour des Institutions officielles, comme la Section technique de l'Artillerie de l'Armée française, avec laquelle nous avons directement collaboré, la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, la Section technique de l'Artillerie de l'Armée espagnole, le Laboratoire physique national du Royaume-Uni; mais encore, nous avons eu à déterminer aussi plusieurs séries d'étalons pour répondre directement aux demandes de l'industrie. Il y a là un symptôme très heureux de la pénétration des mesures de précision dans les établissements industriels et de l'unification de la construction mécanique sur la base métrique.

Je terminerai ce que j'ai à dire sur les étalons à bouts, en ajoutant que nous avons entrepris, en commun avec la Section technique de l'Artillerie, des études préliminaires en vue de remplacer la trempe des étalons par la cémentation, qui confère à certains aciers au nickel une dureté superficielle comparable à celle des aciers trempés et soumis ensuite au recuit usuel. Ces études, pour lesquelles la Société de Commentry-Fourchambault nous a secondés avec son obligeance habituelle, ne sont pas encore assez avancées pour qu'on puisse préjuger de leurs résultats.

Il a été question à diverses reprises, dans les précédentes sessions, des alliages propres à la confection des étalons de masse; nous avons déjà présenté au Comité quelques pièces de nickel-chrome, fondues dans les aciéries d'Imphy, et qui donnaient toute satisfaction en tant que qualités de l'alliage, résistance à l'oxydation, absence de piqûres, indifférence magnétique, dureté, etc. Mais jusqu'ici nous n'avions jamais pu obtenir des pièces de grosseur

suffisante pour permettre d'en construire des kilogrammes. Or, dans le courant de l'année dernière, les aciéries d'Imphy ont réussi, après de nombreux essais, à nous fournir quatre blocs parfaitement sains; avec deux d'entre eux nous avons fait des kilogrammes, qui ont été très exactement ajustés par M. Huetz sous la direction de M. Guillaume. Les pesées d'ajustage et les pesées définitives ont été faites par M. Maudet.

Les autres travaux, très nombreux, exécutés par le Bureau présentent un intérêt trop spécial pour qu'il y ait lieu de les mentionner individuellement ici; ils ont conduit à l'établissement de certificats dont on trouvera la liste à la fin de ce Rapport. Je voudrais cependant attirer tout particulièrement l'attention du Comité sur une conséquence extrêmement importante, pour notre Institution et pour le développement du Système métrique en général, des études de fils destinés aux opérations de la géodésie, de la topographie et du cadastre. C'est, en effet, pour pouvoir profiter des services du Bureau en vue de semblables opérations que, dans le courant de l'année écoulée, deux nouveaux États, le Chili et l'Uruguay, ont adhéré à la Convention du Mètre; et il y a tout lieu de penser que ces accessions ne sont pas les dernières auxquelles nos déterminations géodésiques donneront l'occasion de se produire.

Il m'a paru intéressant de reproduire ici un résumé général des déterminations faites au Bureau depuis le commencement de l'année 1890, c'est-à-dire depuis l'achèvement des travaux relatifs à la principale distribution des prototypes aux Gouvernements des États signataires de la Convention du Mètre. Le relevé qui en a été fait ci-après ne comprend ni les prototypes de la deuxième série, ni les vérifications des kilogrammes, qui ont conduit, d'ailleurs, à l'établissement d'un seul certificat. Les quelques baromètres que le Bureau a été exceptionnellement appelé à étudier n'ont pas été davantage relevés dans le Tableau.

INSTRUMENTS ÉTUDIÉS DU 1<sup>er</sup> JANVIER AU 31 MARS 1909.

ANNÉES.	RÈGLES					FILS, RUBANS.	MASSES.	THERMOMÈTRES.	TOTALS.
	courtes, déclimétriques, etc.	métriques.	géodésiques.	à bouts.	diverse, dilatations.				
1890..					2			35	37
1891..			2		6		1	13	22
1892..			3					13	16
1893..		4		1	1		2	10	18
1894..							36	38	74
1895..								15	15
1896..	2	6		2	3		3	8	24
1897..		3		9				18	30
1898..	2	1		11	4		58	22	98
1899..	1	3					7	9	20
1900..	2			10	1		2	35	50
1901..	46	2			3		5	4	60
1902..	5	7		43	7	12	7	28	109
1903..	4	3	2	5		11	8	22	55
1904..	2	9	3	5	3	30	29	16	94
1905..	3	2		4	1	43	1	17	71
1906..	1	3		2	3	85	2	12	108
1907..		9	2	4	5	77		11	109
1908..	4	15		3	2	115	9	8	157
1909..		2	7	49	1	20	1	8	88
3 mois.									

On voit, en examinant les nombres de ce Tableau, que les services demandés au Bureau suivent une progression à peu près régulièrement croissante. On trouve bien, dans les années 1894, 1898 et 1902, des totaux exceptionnellement élevés; mais ils ont été fortement majorés, les deux premiers par des séries de poids, le dernier par l'achèvement d'un long travail relatif à la série des étalons à bouts, dont les certificats n'ont été délivrés qu'une fois tous les contrôles obtenus. En réalité, il y aurait lieu de répartir ces dernières études

sur les deux années précédentes. Je pourrais faire la même remarque au sujet des étalons décimétriques, dont on n'a pu établir les certificats qu'après l'achèvement d'un gros ensemble de travaux commencés au début de 1900.

Mais l'intérêt particulier que présente ce Tableau consiste dans la mise en évidence d'une évolution graduelle dans la nature des travaux qui nous sont demandés.

Il y a une vingtaine d'années, le contingent le plus important des déterminations faites se rapportait à des thermomètres, qui, dans certaines années, ont constitué à eux seuls la presque totalité des instruments qui nous ont été adressés. Puis nous voyons les thermomètres diminuer, tandis que les étalons de longueur gagnent constamment. Indépendamment des fils, sur lesquels j'ai déjà insisté, on voit que les règles métriques augmentent régulièrement en nombre. Souvent, on nous demande l'étude complète d'une règle, comprenant la détermination de son équation, de sa dilatation et de ses erreurs de division, travail très considérable, mais nécessaire si l'on veut pouvoir se servir des divers intervalles d'une règle à toutes les températures usuelles. Une étude semblable pourrait être assimilée à celle d'une série de poids. En effet, elle conduit à la connaissance de la position de 120 traits convenablement choisis, et qui permettent de trouver, sur la règle, des longueurs exactement connues, progressant par millimètres successifs jusqu'à 1<sup>m</sup>. Une règle complètement étudiée est donc, en réalité, l'étalon de mille longueurs différentes.

Les études de règles nous ont été demandées soit pour des laboratoires, soit pour des usines ou ateliers. En effet, les machines à mesurer se répandent de plus en plus dans l'industrie, en vue de l'établissement d'étalons à bouts, servant, dans la mécanique de précision, à ajuster des pièces de machines. Cette indication confirme celle que j'ai donnée déjà, relativement à la pénétration des mesures précises dans l'industrie, et aux services que nous pouvons rendre dans ce domaine.

J'ai mentionné, au cours de ce Rapport, les quelques publications qui ont vu leur achèvement depuis la dernière session. Il me reste à en donner une brève analyse.

Tout d'abord, je suis heureux de pouvoir mettre sous les yeux du Comité le Tome XIV presque achevé. En effet, le Mémoire décrivant le travail fait, en collaboration avec le regretté Macé de Lé-

pinay, par M. Buisson et moi, est entièrement en épreuves. Celui dans lequel M. Chappuis a décrit ses expériences sur les variations de densité de l'eau par dissolution de l'air est tiré; et enfin le Volume s'achève par une courte Note, dans laquelle j'ai résumé les résultats auxquels conduisent tous les importants travaux faits pour déterminer le volume du kilogramme d'eau.

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, conformément au désir exprimé par le Comité, j'avais indiqué, comme valeur la plus probable du volume du kilogramme d'eau privée d'air, à son maximum de densité, et sous la pression atmosphérique normale,

$$1^{\text{dm}^3},000\ 028.$$

La revision minutieuse de certaines parties du travail et l'application de quelques réductions nouvelles ont fait passer la moyenne pondérée à  $1^{\text{dm}^3},000\ 027\ 4$ . Si donc on arrondit maintenant au millionième le plus proche, c'est le nombre

$$1^{\text{dm}^3},000\ 027$$

qui devient le plus probable. Il ne semble pas que ce nombre puisse être erroné de plus d'une ou deux unités sur le dernier chiffre.

Notre Notice sur la Mesure des Bases, imprimée d'abord comme annexe aux *Procès-Verbaux* de la session de 1905, constituait au début une petite brochure de 51 pages, dans laquelle nous résumions les résultats de nos recherches sur les fils d'invar. Puis, peu à peu, ces résultats se sont accumulés, en même temps que nous étions conduits à donner des indications de plus en plus complètes sur l'emploi des fils. Finalement, nous nous sommes décidés à changer complètement le caractère de cette publication et à en faire un manuel de la mesure des bases à l'aide des fils tendus. Dans la dernière édition, qui atteint 228 pages, nous avons pensé être utiles aux géodésiens en donnant d'abord une théorie complète de la méthode de M. Jäderin, avec de nombreux Tableaux numériques facilitant son application, ainsi qu'un résumé des propriétés de l'invar; ces Chapitres sont suivis de la relation de nos expériences, enfin de la description des appareils et de leur emploi sur le terrain.

En ce qui concerne le Tome XV des *Travaux et Mémoires*, il suffira de rappeler que les Comptes rendus de la *Quatrième Confé-*

*rence générale des Poids et Mesures* et le Rapport de M. Guillaume sur les *Récents Progrès du Système métrique*, qui doivent en constituer la seconde Partie, ont été mis en distribution le 15 décembre 1907, et que le Mémoire où sont consignées les expériences que nous avons consacrées, M. Fabry, M. Perot et moi, à la *Détermination des longueurs d'ondes lumineuses fondamentales*, est en grande partie en épreuves. L'impression de ce Mémoire pourra reprendre aussitôt que celle du Tome XIV sera suffisamment avancée. Les deux Volumes des *Travaux et Mémoires* pourront ainsi paraître à un bref intervalle l'un de l'autre.

C'est à ce Chapitre des publications que s'arrêtaient mes précédents Rapports. Mais, depuis la dernière session, nous avons eu à nous occuper beaucoup plus qu'autrefois des questions concernant la législation métrologique ou l'expansion du Système métrique, à laquelle la dernière Conférence générale a donné une très heureuse impulsion. Sur ces questions, je serai bref; car elles feront l'objet d'un Rapport spécial plus détaillé. Cependant, je ne saurais passer sous silence la visite que nous fit, au commencement de novembre 1907, Son Excellence M. Liou She-Shun, Ministre plénipotentiaire de l'Empire chinois, accompagné de M. Tang Tsai-Fou, premier Secrétaire de la Légation de Chine, à Paris, venus pour s'enquérir de certains détails de l'organisation du Système métrique, ainsi que des conditions auxquelles l'Empire chinois pourrait faire déterminer au Bureau des étalons des mesures impériales, en vue de la réforme projetée de ces mesures. A la suite de cette visite, des relations suivies se sont établies, au cours desquelles il a paru utile que le Bureau remit à la Légation de Chine des documents très circonstanciés sur l'organisation du Système métrique. M. Guillaume s'est chargé de la rédaction de ces Rapports, ainsi que de l'établissement des projets d'appareils dont, par la suite, le Gouvernement chinois a fait l'acquisition.

Dans le courant de l'automne, nous avons eu la grande satisfaction d'apprendre, par une aimable communication qui nous en a été faite par la Légation de Chine, que le Gouvernement chinois avait accompli une première réforme de ses poids et mesures, en adoptant une unité de longueur exactement égale à 32<sup>cm</sup>, et divisée en parties décimales. Pour les unités de masse et de capacité, les rapports ne sont pas aussi simples. Mais l'intention de faire, dans une prochaine réforme, une place importante au Système métrique

ressort du fait que les valeurs de ces unités sont données par leur rapport numérique aux unités métriques de même espèce.

Après la dernière Conférence, M. Guillaume avait remis, à Son Excellence M. Bosch, Ministre plénipotentiaire de la République Argentine, délégué à la Conférence, un Mémoire relatif aux législations, et notamment à la légalisation, non encore accomplie dans son pays, des prototypes internationaux. Comme conséquence de cette communication, nous eûmes, en novembre dernier, la visite de M. E. Garcia, ingénieur, envoyé en mission par le Gouvernement argentin, et chargé d'étudier la revision de la loi sur les poids et mesures. A la demande de M. Garcia, M. Guillaume a remis à M. Bosch deux Rapports concernant la revision de la loi et la création, projetée à Buenos-Ayres, d'un Office central des Poids et Mesures. Il y a, dans le projet élaboré par M. Guillaume, un certain nombre de points de vue nouveaux, et qui devront sans aucun doute être pris en considération dans les prochaines revisions des lois et ordonnances sur les poids et mesures.

L'Exposition franco-britannique qui a eu lieu à Londres l'an dernier a été l'occasion de manifestations en faveur du Système métrique. Le Ministère du Commerce de la République française avait exposé, dans un élégant pavillon, un certain nombre de pièces historiques relatives aux poids et mesures, en même temps que des tableaux concernant l'organisation ou le développement du Système métrique. Nous avons été extrêmement heureux de pouvoir, à cette occasion, donner au Ministère du Commerce les quelques avis qu'il nous avait fait l'honneur de nous demander.

Je termine, comme à l'ordinaire, en reproduisant la liste des certificats délivrés depuis la dernière session, et établie, d'après des prévisions certaines, jusqu'à la fin du mois courant. Le nombre et l'importance de ces certificats témoignent d'un labeur très considérable. J'ai dit quelle était la part de chacun dans les études qui ont conduit à ceux dont il y avait lieu de faire une mention spéciale. Il suffira d'ajouter ici que, pour le reste, M. Maudet s'est occupé plus spécialement des règles à traits, M. Tarrade des thermomètres, et M. Pérard des étalons à bouts.

## CERTIFICATS

DÉLIVRÉS DU 1<sup>er</sup> OCTOBRE 1907 AU 31 MARS 1909.

1.	1907	Oct.	15.	Un mètre en acier-nickel à 43 $\frac{0}{0}$ , n° 68.....	{ Stevens Institute of Tech- nology, Hoboken (N.J.).
2.	»	»	20.	Règle étalon en platine iridié, n° 4.....	{ Bureau of Standards, Washington.
3.	»	Nov.	6.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> en invar, nos 124, 125, 126.....	{ Ville de Stockholm.
4.	»	»	7.	Un calibre étalon de 19 <sup>mm</sup> .....	{ Atelier de précision de l'Artillerie, Madrid.
5.	»	»	28.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> en invar, nos 127, 128, 129.....	{ Service du Cadastre de l'Uruguay.
6.	»	»	28.	Un fil de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 169.	{ Institut géographique mi- litaire, Vienne.
7.	»	»	28.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, nos 164, 165, 166, 167.....	
8.	»	»	28.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, nos 170, 171.....	{ Normal-Aichungs-Kom- mission, Charlottenburg.
9.	»	Déc.	5.	Ruban de 4 <sup>m</sup> divisé en invar, n° 15.....	{ Ville de Stockholm.
10.	»	»	5.	Trois règles de 2 <sup>m</sup> , à bouts....	{ Royal Survey Department, Bangkok.
11.	1908	Janv.	3.	Ruban divisé de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 14.....	{ Service hydrographique de la Marine française.
12.	»	»	3.	Ruban divisé de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 16.....	
13.	»	»	3.	Ruban divisé de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 17.....	
14.	»	»	3.	Ruban divisé de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 18.....	{ Service topographique de l'État-Major général de l'Armée russe.
15.	»	»	3.	Ruban divisé de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 19.....	{ Service de la Triangulation de Hongrie.
16.	»	»	3.	Ruban divisé de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 23.....	

17.	1908	Janv.	10.	Règle de 1 <sup>m</sup> en invar, n° 103..	} Stevens Institute of Technology, Hoboken.	
18.	»	»	20.	Pièce de 10 <sup>es</sup> , en platine.....		M. P. Chappuis, Bâle.
19.	»	»	26.	Règle de 1 <sup>m</sup> en invar, n° 104..	} Faculté des Sciences, Madrid.	
20.	»	Fév.	1.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 168, 174.....		} Boundary Commission, Uganda (Afrique).
21.	»	»	1.	Fil de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 176....	} Commission géodésique du Brésil.	
22.	»	»	1.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 182, 183, 184, 185.....		} Commission géodésique de l'Empire du Japon.
23.	»	»	1.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 196, 197, 198, 199.....		
24.	»	Mars	20.	Ruban de 12 <sup>m</sup> en invar, S. G. H.	} Commission géodésique du Brésil.	
25.	»	»	20.	Deux fils de 8 <sup>m</sup> en invar, n°s 186, 187.....		Bureau topographique du Ministère de la Guerre, Tokyo.
26.	»	»	20.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 189....	} Ministère des Travaux publics de Lourenço-Marquez.	
27.	»	»	20.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 190....		Service hydrographique de la Marine italienne.
28.	»	»	20.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 191....	} Service de la Triangulation de la Hongrie.	
29.	»	»	23.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 214....		Bureau topographique du Ministère de la Guerre, Tokyo.
30.	»	»	23.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 215....	} Service topographique de Tokyo.	
31.	»	»	23.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 179, 200, 201, 209.....		Laboratoire de Physique de l'Université de Lyon.
32.	»	»	23.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 177, 178, 180, 181.....	} Institut de Physique de l'Université royale de Naples.	
33.	»	»	23.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 192, 193, 194, 195.....		Section topographique de l'État-Major général de l'Armée russe.
34.	»	»	23.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 210, 211, 212, 213.....	} Commission géodésique du Brésil.	
35.	»	»	26.	Quatre fils de 25 <sup>m</sup> en invar, n°s 202, 203, 204, 205.....		
36.	»	»	30.	Étalon décimétrique n° 65....		
37.	»	Mars	30.	Étalon décimétrique n° 45....		
38.	»	Avril	2.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 21 ..		
39.	»	»	2.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 22..		
40.	»	»	2.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 24..		

41.	1908	Avril	2.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 25..	{ Service topographique de Tokyo.
42.	»	»	2.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 26...	{ Bureau topographique du Ministère de la Guerre à Tokyo.
43.	»	»	2.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 29..	{ Commission de délimitation du Chili.
44.	»	»	2.	Ruban de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 30..	{ Direction des Travaux publics de Lourenço-Marquez.
45.	»	Mai	6.	Ruban de 12 <sup>m</sup> en invar, H240-4.	{ Institut géographique militaire de Vienne.
46.	»	»	25.	Deux pièces de 100 <sup>s</sup> et de 10 <sup>s</sup> en platine iridié.....	{ Stevens Institute of Technology, Hoboken (N.J.).
47.	»	Juin	1.	Fil de 48 <sup>m</sup> en invar, n° 159...	{ Service du Cadastro de la Tunisie.
48.	»	»	1.	Addition au certificat du Mètre prototype n° 18.....	{ Gouvernement de l'Empire d'Allemagne.
49.	»	»	1.	Addition au certificat du Kilogramme prototype n° 22.....	
50.	»	»	19.	Règle de 1 <sup>m</sup> , en acier-nickel à 58 % de nickel S. I. P., n° 117.....	{ Société genevoise, Genève.
51.	»	Juill.	1.	Ruban de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 830 H.	{ Boundary Commission (Uganda).
52.	»	»	1.	Ruban de 12 <sup>m</sup> en invar, n° 831 H.	{ Service hydrographique de la Marine italienne.
53.	»	»	7.	Fil de 48 <sup>m</sup> en invar, n° 206 ...	{ Direction des Travaux publics de Lourenço-Marquez.
54.	»	»	10.	Dilatation d'une bande d'invar de 1 <sup>m</sup> .....	{ Institut royal géodésique prussien, Potsdam.
55.	»	Août	13.	Fil de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 242 ...	{ Ministère des Colonies, Paris.
56.	»	»	13.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 207, 208.....	{ Service hydrographique de la Marine française.
57.	»	»	26.	Mètre en invar n° 27 (addition au certificat 22 avril 1902)..	{ National Physical Laboratory, Teddington.
58.	»	Sept.	3.	Deux règles étalons décimétriques en acier-nickel n° 1 et 2 (addition aux certificats du 2 avril 1901).....	{ Normal-Aichungs-Kommission à Charlottenburg.
59.	»	»	3.	Deux poids en platine.....	{ Laboratoire de Physique de la Sorbonne, Paris.

60.	1908	Sept.	3.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 220, 221, 222, 223.....	} Section topographique de l'État-Major général de l'Armée russe.
61.	»	»	3.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 224, 225, 226, 227.....	
62.	»	»	3.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 228, 229.....	
63.	»	»	3.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 230, 232.....	
64.	»	»	3.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> , en invar, n <sup>os</sup> 233, 234.....	
65.	»	»	3.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 238, 239, 240, 241.....	
66.	»	»	4.	Fil de 9 <sup>m</sup> en invar, n° 154....	
67.	»	»	4.	Fil de 72 <sup>m</sup> en invar, n° 163....	
68.	»	»	4.	Fil de 72 <sup>m</sup> en invar, n° 172....	
69.	»	»	4.	Fil de 72 <sup>m</sup> en invar, n° 173....	
70.	»	»	16.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 13, 14, 15 (addition aux certificats des 20 décembre 1905 et 4 juillet 1907).....	} Service géographique de l'Armée française.
71.	»	»	16.	Fil de 72 <sup>m</sup> en invar, n° 231...	
72.	»	»	16.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 243, 244, 245, 246.....	} Service topographique des Indes à Dehra Dun.
73.	»	»	16.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 247, 248, 249, 250.....	
74.	»	»	16.	Fil de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 252...	
75.	»	»	16.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 254, 255, 256, 257.....	} Cabinet de Géodésie de l'Université de Turin (Italie).
76.	»	Oct.	17.	Ruban de 4 <sup>m</sup> divisé en invar, n° 20.....	
77.	»	»	17.	Ruban de 4 <sup>m</sup> divisé en invar, n° 28.....	} Service topographique de l'État-Major général de l'Armée russe.
78.	»	»	20.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 216.....	
79.	»	Nov.	10.	Règle en acier-nickel à 43 % de nickel, n° 113.....	} Cabinet de Géodésie de l'Université de Turin.
80.	»	»	25.	Règle de 1 <sup>m</sup> à 42 % de nickel, n° 96.	
81.	»	»	25.	» » » n° 97.	} Société genevoise, Genève.
82.	»	»	25.	» » » n° 99.	
83.	»	»	25.	» » » n° 100.	
84.	»	»	25.	» » » n° 101.	
85.	»	»	25.	» » » n° 102.	

} Section topographique de  
l'État-Major général de  
l'Armée russe.

86.	1908	Nov.	25.	Trois pièces de 100 <sup>g</sup> , 10 <sup>g</sup> et 1 <sup>g</sup> en bronze blanc et une pièce de 0 <sup>g</sup> ,1 en platine .....	} Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, Paris.
87.	»	Déc.	15.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 217....	
88.	»	»	15.	Fil de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 253....	} Observatoire de l'Univer- sité de Liège.
89.	»	»	15.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 124, 125, 126 (addition au certificat du 6 novembre 1907).	
90.	»	»	15.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 62, 63 (addition au certi- ficat du 15 mai 1906).....	} École Polytechnique de Stuttgart.
91.	»	»	20.	Dilatation d'une tige d'acier...	
92.	»	»	20.	Règle de 1 <sup>m</sup> en acier-nickel à 42 % de nickel, n° 125....	} MM. Bariquand et Marre, Paris.
93.	»	»	26.	Règle de 1 <sup>m</sup> en nickel, n° 16 (addition au certificat du 15 janvier 1904) .....	
94.	»	»	26.	Pièce en platine de 1 <sup>g</sup> .....	} M. Fournier, Paris.
95.	»	»	30.	Trois calibres étalons de 10 <sup>mm</sup> , 15 <sup>mm</sup> et 25 <sup>mm</sup> .....	
96.	»	»	31.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 262, 263, 264, 265.....	} Société française des roulements à billes, Ivry-Port.
97.	»	»	31.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 266, 267 .....	
98.	»	»	31.	Thermomètre Baudin n° 16744.	} British East Africa Pro- tectorate.
99.	»	»	31.	» » n° 16745.	
100.	»	»	31.	» » n° 16746.	
101.	»	»	31.	» » n° 16747.	
102.	»	»	31.	» » n° 16748.	
103.	»	»	31.	» » n° 16749.	
104.	»	»	31.	» » n° 16922.	
105.	»	»	31.	» » n° 16923.	
106.	1909	Janv.	15.	Mètre plat en invar S. G. 90..	
107.	»	»	15.	Deux calibres étalons de 2 <sup>mm</sup> et 10 <sup>mm</sup> .....	
108.	»	»	15.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 268, 269, 270, 271.....	
109.	»	»	15.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n°s 272, 273.....	} Board of Trade, Standards Department, Londres.
110.	»	»	15.	Dix-huit calibres étalons de la série C.....	
111.	»	»	15.	Dix-huit calibres étalons de la série c.....	} Scientific Shop, Chicago. National Physical Labo- ratory, Teddington.
					} Institut géographique mi- litaire, Florence.
					} Direction générale du Cadastre du Gouverne- ment du Canada.
					} Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe.

112.	1909	Janv.	30.	Une broche de 10 <sup>mm</sup> .....	} MM. Bariquand et Marre, à Paris.
113.	»	»	30.	Six broches de 20, 30, 40, 50, 100 et 200 <sup>mm</sup> .....	
114.	»	»	30.	Quatre broches de 300, 400, 500 et 1000 <sup>mm</sup> .....	
115.	»	Fév.	1.	Fil de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 274....	} Cabinet de Géodésie de l'École Polytechnique de Stuttgart.
116.	»	»	15.	Gramme en platine.....	
117.	»	»	15.	Dilatation et équation de la Règle n° 106.....	} Ministère des Finances, Paris.
118.	»	»	15.	Fil de 8 <sup>m</sup> en invar, n° 188....	
119.	»	Mars	9.	Règle de 4 <sup>m</sup> en platine.....	} Section topographique de l'État-Major de l'Armée russe.
120.	»	»	10.	Règle de 1 <sup>m</sup> ,10 en acier-nickel à 42 0/0.....	
121.	»	»	10.	Règle géodésique de 3 <sup>m</sup> en invar, n° 1.....	} British East Africa Pro- tectorate.
122.	»	»	10.	Règle géodésique de 3 <sup>m</sup> en invar, n° 2.....	
123.	»	»	10.	Règle géodésique de 3 <sup>m</sup> en invar, n° 3.....	
124.	»	»	10.	Règle géodésique de 3 <sup>m</sup> en invar, n° 4.....	
125.	»	»	10.	Règle géodésique de 3 <sup>m</sup> en acier- nickel à 42 0/0, n° 5.....	} Institut géographique et statistique d'Espagne.
126.	»	»	15.	Règle géodésique de 4 <sup>m</sup> en invar (addition au certificat du 10 août 1904).....	
127.	»	»	15.	Ruban de 12 <sup>m</sup> en invar, n° 2529 H.	} MM. Sulzer frères, Win- terthur.
128.	»	»	22.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 2137 H <sub>1</sub> .	
129.	»	»	22.	Ruban de 4 <sup>m</sup> en invar, n° 2137 H <sub>2</sub> .	} Section topographique de l'État-Major général de l'Armée russe.
130.	»	»	22.	Quatre fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 279, 280, 281, 282.....	
131.	»	»	22.	Deux fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n° 283, 284.....	} Service géographique de l'Armée française.
					} Institut géographique mi- litaire de Florence.
					} British East Africa Pro- tectorate.
					} Cabinet de Géodésie de l'Université de Turin.
					} État-Major général du Danemark.
					} Mission géodésique de l'Afrique orientale por- tugaise.

132.	1909	Mars	22.	Trois fils de 24 <sup>m</sup> en invar, n <sup>os</sup> 46, 47, 48 (addition au certificat du 15 mai 1906)...	} Institut géographique de Norvège.
133.	»	»	22.	Thermomètre Baudin n <sup>o</sup> 16924.	
134.	»	»	22.	Thermomètre Baudin n <sup>o</sup> 16959.	} Bureau of Standards Washington. Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.
135.	»	»	27.	Thermomètre Baudin n <sup>o</sup> 16975.	
136.	»	»	27.	» » n <sup>o</sup> 16976.	
137.	»	»	27.	» » n <sup>o</sup> 16977.	
138.	»	»	31.	» » n <sup>o</sup> 16045.	
139.	»	»	31.	» » n <sup>o</sup> 16047.	
140.	»	»	31.	» » n <sup>o</sup> 16049.	

RAPPORTS.

141.	1907	Nov.	6.	Rapport sur l'étude de la règle de 10 pieds anglais et la règle OI de l'Ordnance Survey Service.
142.	1908	Juill.	4.	Rapport sur l'étude de la règle étalon A de 10 pieds anglais appartenant à the India Survey Office.
143.	1909	Fév.	5.	Rapport préliminaire sur la nouvelle étude de la règle géo- désique B <sub>1</sub> en fer appartenant à l'Institut géodésique de Norvège.
144.	»	Mars	9.	Rapport sur l'étude d'une règle en platine faisant partie de la règle géodésique bimétallique de l'Institut géogra- phique et statistique d'Espagne.
145.	»	»	10.	Rapport sur l'étude de douze règles étalons appartenant à la Section topographique de l'État-Major général de l'Armée Russe.

M. le PRÉSIDENT, tout en laissant aux Commissions et au Comité lui-même l'appréciation définitive de la gestion du Bureau, résumée par le remarquable Rapport de M. le Directeur, tient à féliciter dès maintenant celui-ci et ses collaborateurs des résultats obtenus. Il tient également à constater l'accroissement continu et de plus en plus considérable du travail que procurent les demandes de mesures adressées au Bureau par des institutions scientifiques et aussi par des industries qui apprécient de plus en plus la valeur des mesures de haute précision.

M. le PRÉSIDENT rappelle qu'il y a lieu de nommer les deux Commissions habituelles, et invite à faire partie :

De la Commission des Comptes et Finances

MM. ARNDTSEN, D'ARRILAGA, DE BODOLA;

De la Commission des Instruments et des Travaux

MM. DE BODOLA, EGOROFF, GAUTIER, VON LANG, STRATTON.

Il reste entendu, comme toujours, que tous les membres du Comité peuvent prendre part aux réunions des Commissions.

La prochaine séance du Comité est fixée au vendredi 26 mars, à 3<sup>h</sup>.



---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

Vendredi 26 mars 1909.

PRÉSIDENTE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOIT, BLASERNA, DE BODOLA, DARBOUX, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, GILL, VON LANG.

M. GUILLAUME, invité, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 3<sup>h</sup>.

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

M. le PRÉSIDENT salue, au nom du Comité, M. Darboux, présent à la séance. Il exprime sa profonde satisfaction et celle du Comité tout entier de voir M. Darboux apporter à l'œuvre internationale le concours de sa haute expérience.

M. DARBOUX remercie M. le Président de ses aimables paroles de bienvenue et il saisit l'occasion pour exprimer sa reconnaissance au Comité, qui a bien voulu lui manifester sa sympathie par un vote unanime. Il reporte l'honneur de cette élection sur l'Académie qui, dans tous les temps, a témoigné un si grand intérêt aux questions concernant la mesure de la Terre.

M. le PRÉSIDENT communique un télégramme d'Amérique, par lequel M. Stratton s'excuse de devoir être absent pour cette session.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. le Secrétaire pour son Rapport concernant les faits qui se sont produits depuis la dernière session.

M. BLASERNA expose qu'il va grouper tous les documents en deux catégories : ceux de la première ont trait aux mesures prises pour exécuter les décisions de la quatrième Conférence générale; ceux de la seconde regardent les nouveaux faits qui se sont produits ensuite.

On a fait des efforts pour publier le plus tôt possible les Comptes rendus de la Conférence générale, de façon à porter de suite à la connaissance des Hauts Gouvernements contractants l'ensemble des délibérations et des décisions prises. L'envoi a été accompagné de la circulaire suivante résumant cet ensemble :

Berlin et Rome, le 14 décembre 1907.

MONSIEUR L'AMBASSADEUR,

Nous avons l'honneur de porter à la connaissance de Votre Excellence que nous faisons remettre ce jour à votre Ambassade cinq exemplaires des publications suivantes :

1° Le *Rapport financier* sur la gestion du Bureau international des Poids et Mesures pendant l'année écoulée, avec les prévisions pour l'exercice prochain;

2° Les *Comptes rendus* des séances de la Quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en octobre dernier;

3° Un Rapport sur les progrès du Système métrique, annexé à ces Comptes rendus.

Ainsi qu'il est indiqué à la page 29 des *Comptes rendus*, les modifications proposées par le Comité international, au Règlement annexé à la Convention du Mètre, ont été définitivement approuvées par la Conférence générale. Le texte des nouveaux articles est reproduit dans le Rapport financier ci-dessus mentionné, dans lequel le Tableau des contributions a été calculé en conformité avec ces articles. Il résulte de ce Tableau que la part contributive du Haut Gouvernement de... pour l'année 1908 est de....

Au sujet de la Conférence générale, nous voudrions, Monsieur

l'Ambassadeur, attirer tout particulièrement votre attention sur les faits suivants, dont le détail est donné aux Comptes rendus.

a. La Conférence générale a décidé (p. 42) de clore, dans un délai de trois ans, la première période des comparaisons périodiques des kilogrammes prototypes nationaux; et de la rouvrir 10 ans plus tard, puis d'inaugurer, dans le courant de l'année 1914, la première période des comparaisons des Mètres prototypes nationaux.

Conformément à la première de ces décisions, le Bureau international restera à la disposition de votre Haut Gouvernement pour soumettre à une nouvelle comparaison, s'il le désire, les kilogrammes prototypes qui lui ont été attribués par la Conférence générale de 1889. Mais, comme ce travail devra être achevé dans une période de trois ans, il serait nécessaire, si votre Haut Gouvernement désirait profiter de cette prolongation des délais attribués à cette première comparaison, que vous vouliez bien, Monsieur l'Ambassadeur, faire connaître, dans un délai aussi rapproché que possible, ses intentions au Directeur du Bureau international, afin de lui permettre d'organiser ce travail.

b. La Conférence a pris connaissance, avec une très légitime satisfaction, des magnifiques travaux métrologiques par lesquels le Bureau international a signalé son activité dans la période écoulée depuis la dernière Conférence. Ces dernières années ont vu s'achever, en effet, les comparaisons des longueurs d'ondes lumineuses fondamentales avec l'unité métrique, et la détermination du volume du kilogramme d'eau; en même temps, les travaux sur les méthodes de mesure des bases ont apporté, à la Géodésie tout entière, un élément précieux de son futur développement (p. 42 à 74).

c. Afin de réaliser une unification très désirée dans le commerce des pierres précieuses, la Conférence a approuvé (p. 91) la proposition du Comité international, relative à la création d'un *carat métrique* de 200<sup>mg</sup>, avec l'espoir qu'elle sera prise en considération par les Hauts Gouvernements.

Nous désirons également annoncer dès maintenant à Votre Excellence que l'envoi ci-dessus mentionné sera complété très prochainement par la remise des publications suivantes :

1° Les *Procès-Verbaux* des séances du Comité international, session de 1907;

2° La *Convention du Mètre* (nouveau tirage).

Les *Procès-Verbaux* contiennent toute la correspondance échangée avec les Hauts Gouvernements au sujet des modifications apportées au Règlement annexé à la Convention du Mètre, ainsi que le résumé des discussions auxquelles les nouveaux articles ont donné lieu.

Le nouveau tirage de la *Convention* est mis en harmonie avec les récentes décisions de la Conférence.

Nous prions Votre Excellence de vouloir bien transmettre ces documents à votre Haut Gouvernement, et d'agréer, Monsieur l'Ambassadeur, avec nos remerciements, les assurances de notre plus haute considération.

Au nom du Comité international des Poids et Mesures :

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

Le Comité se souvient qu'il avait chargé son bureau d'exprimer sa vive gratitude à Lord Kelvin pour la part décisive prise par lui au succès des négociations poursuivies par le Comité auprès du Gouvernement anglais à l'occasion des modifications au Règlement annexé à la Convention.

Le Comité avait décidé d'accepter, à son grand regret, la démission offerte par M. de Macedo, en le nommant Membre honoraire, et il avait également chargé son bureau de se faire l'interprète de ses sentiments.

Le bureau s'est acquitté de cette double mission par les deux lettres suivantes :

Paris, le 15 octobre 1907.

*Au très honorable Lord Kelvin,  
Membre de la Chambre des Lords, London.*

MYLORD,

Dans le cours de la session tenue en ce moment à Paris par le Comité international des Poids et Mesures, le bureau, en rendant compte de l'importante correspondance échangée avec le Gouvernement de Sa Majesté britannique, s'est empressé de faire connaître

la grande part que vous avez bien voulu prendre à l'heureuse solution des difficultés qui s'étaient présentées.

Le Comité, en s'associant à la manifestation de reconnaissance de son bureau, nous a chargés de vous transmettre l'expression de ses sentiments de vive gratitude, et d'y ajouter le profond regret qu'il a éprouvé en apprenant le douloureux état de santé de Lady Kelvin.

Veillez bien agréer, Mylord, l'assurance de notre plus haute estime.

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

Paris, le 15 octobre 1907.

*A Son Excellence Monsieur le Comte de Macedo, ancien  
Ministre, Membre honoraire du Comité international  
des Poids et Mesures, Lisbonne.*

MONSIEUR LE COMTE,

Le Comité international des Poids et Mesures, réuni en session, a profondément regretté que, pour des raisons de santé, vous ayez éprouvé le désir de vous retirer. Le Comité n'a pas cru pouvoir se refuser à votre désir si légitime; mais, tout en acceptant votre démission, il tient à vous déclarer qu'il se souviendra toujours avec une profonde gratitude de votre collaboration si éclairée dans ses sessions et dans celles des Conférences générales.

Inspiré par ces sentiments, il a désiré conserver avec vous un lien permanent; et, dans sa séance du 12 octobre, il vous a nommé, à l'unanimité et par acclamation, Membre honoraire du Comité international des Poids et Mesures.

Nous espérons que vous voudrez bien accepter ce témoignage de haute estime et de reconnaissance, que nous sommes heureux de pouvoir vous transmettre.

Veillez bien agréer, Monsieur le Comte et cher Collègue, l'expression de nos sentiments les plus dévoués.

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

Le douloureux état de santé dans lequel se trouvaient Lord Kelvin et M. de Macedo ne leur a pas permis d'adres-

ser une réponse au Comité. En ce qui regarde M. de Macedo, le bureau a été informé, par une voie indirecte, qu'il avait été très touché de la marque de sympathie qui lui avait été témoignée.

Dans le cours de la Conférence, le représentant du Ministre du Commerce a exprimé le vœu de voir les Bureaux nationaux des Poids et Mesures des différents pays entrer en communication entre eux par l'échange de leurs publications. Le Comité international ayant été chargé de porter ce désir à la connaissance des Hauts Gouvernements, les circulaires suivantes ont été envoyées successivement à tous les représentants :

Berlin et Rome, le 12 novembre 1907.

MONSIEUR L'AMBASSADEUR,

Dans la séance du 22 octobre de la Quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, qui vient de tenir sa session à Paris, le représentant de M. le Ministre du Commerce de France a exprimé le vœu que les Bureaux nationaux des Poids et Mesures des différents pays veuillent bien échanger entre eux leurs publications. Le Comité international a été chargé par la Conférence des démarches utiles pour la réalisation de ce vœu.

Nous avons donc l'honneur de prier, par la présente circulaire, les Hauts Gouvernements contractants de bien vouloir autoriser leurs Bureaux nationaux des Poids et Mesures à établir entre eux des rapports directs par l'échange de leurs publications. Il en résulterait un avantage évident pour le perfectionnement et le développement du Système métrique.

Le Comité international a été informé que plusieurs États sont déjà entrés dans cette voie, qui doit être si féconde, et il espère que cet exemple sera suivi.

En même temps, le Bureau international serait heureux de recevoir, lui aussi, les publications des divers Bureaux nationaux, auxquels il envoie lui-même, par l'intermédiaire des Hauts Gouvernements, tout ce qu'il publie.

Nous serions reconnaissants à Votre Excellence de vouloir bien nous faire connaître la suite qui sera donnée par son Haut Gouver-

nement à ce vœu du Gouvernement français, afin que nous puissions lui transmettre le résultat de cette démarche. Pour éviter toute erreur dans les expéditions, il nous semblerait extrêmement utile de joindre, à cette réponse, l'adresse exacte du service auquel les publications devront être envoyées.

Nous vous prions, Monsieur l'Ambassadeur, d'agréer l'expression de notre plus haute considération.

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

Berlin et Rome, le 5 mars 1908.

MONSIEUR L'AMBASSADEUR,

Par notre lettre du 12 novembre 1907, nous avons eu l'honneur de porter à la connaissance de Votre Excellence le vœu émis, au sein de la Quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, par le Représentant de Son Excellence le Ministre du Commerce de la République française, de voir les Bureaux nationaux des Poids et Mesures des différents pays entrer en relations directes pour l'échange de leurs publications.

Un certain nombre de Gouvernements ont répondu de façon entièrement favorable à cette proposition ; et, sans attendre que toutes les réponses sollicitées nous soient parvenues, il nous paraît utile de donner communication, aux Gouvernements, des adhésions déjà reçues à cette mesure éminemment favorable au développement du Service international des Poids et Mesures. Nous avons, eu conséquence, l'honneur de vous adresser ci-joint, Monsieur l'Ambassadeur, le relevé en cinq exemplaires des réponses affirmatives, en y joignant les adresses auxquelles les publications relatives aux Poids et Mesures sont centralisées dans chaque pays. Cette liste sera complétée ultérieurement, lorsqu'un plus grand nombre de réponses nous seront parvenues.

Nous vous prions, Monsieur l'Ambassadeur, d'agréer les assurances de notre plus haute considération.

Pour le Comité international des Poids et Mesures :

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

Le bureau, selon ce qui a été dit dans cette dernière circulaire, a complété à plusieurs reprises la liste des États acceptants. Il est heureux maintenant d'annoncer que tous les États ont répondu favorablement.

En ce qui concerne l'entrée du Canada dans la Convention, qui était déjà définitive lors de la Conférence, il restait à régler le mode de paiement de la contribution annuelle. La demande du Dominion du Canada avait été transmise par le Gouvernement anglais, en sa qualité d'État métropolitain, et la contribution d'entrée ainsi que la première contribution annuelle avaient été versées par lui. Mais, comme le Canada est représenté à Paris par un Commissaire général, il y avait lieu de se demander si les versements futurs seraient effectués directement par lui ou encore par l'Ambassade d'Angleterre. La lettre suivante a été destinée à résoudre cette question de forme :

Rome, le 30 novembre 1907.

MONSIEUR LE COMMISSAIRE GÉNÉRAL,

J'ai l'honneur de vous informer que nous enverrons, dans quelques jours, aux Représentants à Paris des États ayant adhéré à la Convention du Mètre, les indications relatives au versement de la contribution pour l'année 1908. Or, aucun arrangement n'ayant été pris jusqu'ici en ce qui concerne le Dominion du Canada, nous ne savons pas si sa contribution sera versée par vos soins, Monsieur le Commissaire général, ou si elle sera jointe à celle du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et Irlande, et remise par les soins de Son Excellence l'Ambassadeur d'Angleterre.

Je vous serais donc extrêmement obligé, Monsieur le Commissaire général, de me donner le plus tôt possible à cet égard les indications qui me permettront de donner suite aux communications à faire de la part du Comité international.

Je puis dès maintenant vous indiquer que le chiffre de la contribution du Canada pour l'année 1908 sera de 1080 fr.

Nous aurons très prochainement à vous adresser les Comptes rendus de la récente Conférence générale des Poids et Mesures, ainsi que les pièces annexées.

Je saisis cette occasion pour vous adresser, Monsieur le Commissaire général, les assurances de ma haute considération.

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

Comme conclusion des pourparlers directs qui ont suivi cette lettre, la contribution pour l'année 1908 a été directement versée par le Dominion.

M. le SECRÉTAIRE fait observer que, par les documents présentés, la première partie de sa tâche est terminée. Le bureau a dû ensuite se préoccuper de préparer la réunion réglementaire du Comité pour 1909. La circulaire suivante, envoyée aux Membres du Comité, contient les mesures arrêtées par lui à cet égard :

Berlin et Rome, le 22 octobre 1908.

CHER ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Dans sa dernière session, le Comité a décidé que sa prochaine réunion aurait lieu en 1909 vers Pâques, tout en laissant à son bureau le soin d'en fixer la date exacte. Comme Pâques vient cette fois assez tard, et qu'il serait difficile de tenir la session après les vacances, nous avons cru plus opportun de vous convoquer avant les fêtes.

La première séance du Comité aura donc lieu le mardi 23 mars, à 3<sup>h</sup> après midi, au Pavillon de Breteuil.

Nous comptons que votre présence nous assurera votre précieuse collaboration.

Veillez agréer, cher et très honoré Collègue, l'expression de nos sentiments les plus dévoués.

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

A cette circulaire de convocation, le bureau a joint la circulaire suivante, ayant pour but d'inviter les collègues à procéder à l'élection d'un nouveau Membre en remplacement du regretté Mascart.

Berlin et Rome, le 22 octobre 1908.

CHER ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

La perte douloureuse de notre si regretté Collègue E. Mascart nous oblige à procéder par cooptation, conformément au Règlement de la Convention, à l'élection d'un nouveau Membre du Comité.

Comme d'une part il est nécessaire de tenir compte de la grande distance à laquelle se trouve notre très honoré Collègue du Japon, et que d'autre part il est désirable que notre nouveau Collègue, qui sera élu, puisse être présent à notre réunion dès le 23 mars, nous vous prions de bien vouloir envoyer votre vote au Secrétaire (Institut physique, *via* Panisperna, 89<sup>b</sup>, Rome) avant le 28 février 1909. Nous pourrions ainsi aviser à temps le nouvel élu.

Veillez agréer, cher et très honoré Collègue, l'expression de nos sentiments les plus dévoués.

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

Cette circulaire était envoyée en même temps que la précédente, et sa date était calculée de façon à permettre au nouvel élu de prendre part à la réunion du Comité.

Le résultat des votes émis a été l'élection unanime de M. Gaston Darboux, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de l'Institut de France. Ce résultat fut communiqué aux Membres du Comité par la circulaire suivante :

Berlin et Rome, le 3 mars 1909.

CHER ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Nous avons l'honneur et la satisfaction de vous annoncer que M. Gaston Darboux, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, a été élu, à l'unanimité de 14 voix sur 14 votants, Membre du Comité international, à la place de notre bien regretté Collègue Mascart.

Nous espérons que l'illustre savant prendra part à nos réunions, qui commenceront, comme vous le savez, le mardi 23 mars 1909, à 3<sup>h</sup> de l'après-midi, au Pavillon de Breteuil.

Agréez, cher et très honoré Collègue, l'expression de nos sentiments les plus dévoués.

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

D'autre part, le bureau s'est empressé d'annoncer à M. Darboux son élection dans les termes suivants :

Berlin et Rome, le 27 février 1909.

*A Monsieur Gaston Darboux, Secrétaire perpétuel  
de l'Académie des Sciences, à l'Institut de France.*

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Nous sommes heureux de vous informer que le Comité international des Poids et Mesures, se conformant aux stipulations du Règlement annexé à la Convention du Mètre, vous a élu à l'unanimité en remplacement du bien regretté E. Mascart.

En vous appelant dans son sein, le Comité international n'a pas voulu seulement s'assurer la précieuse coopération du grand mathématicien que tout le monde honore; il a pensé aussi que votre situation dans le Bureau national français des Poids et Mesures, et les missions réitérées que le Gouvernement français vous a confiées dans les Conférences de l'Association géodésique internationale, auxquelles vous avez pris une part si active, vous désignaient tout particulièrement à ses suffrages.

Nous espérons que vous voudrez bien accepter cette nomination, en suivant les grandes traditions de Bertrand, de Cornu, de Mascart, à la mémoire desquels le Comité conserve tant de reconnaissance. Nous comptons aussi sur votre précieuse collaboration dans les sessions bisannuelles du Comité, dont la prochaine s'ouvrira le 23 mars 1909, à 3<sup>h</sup> de l'après-midi, au Pavillon de Breteuil.

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

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

M. DARBOUX, en acceptant cette nomination, a bien voulu répondre par une lettre, que M. le Secrétaire s'honore de pouvoir reproduire :

Paris, le 4 mars 1909.

*A Monsieur le Président du Comité international  
des Poids et Mesures.*

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Je reçois à l'instant votre lettre du 27 février, par laquelle vous voulez bien m'annoncer que le Comité international des Poids et Mesures m'a élu en remplacement du regretté Mascart.

Permettez-moi de vous dire combien je suis confus de succéder à des hommes tels que Bertrand, Cornu et Mascart; je n'ai pas besoin de vous assurer que je mettrai tout mon dévouement au service des nouveaux intérêts qui me sont confiés. Je sais toute la part que vous avez prise à ma nomination; et je tiens, en vous priant de transmettre mes respectueux remerciements au Comité international, à vous dire combien je suis touché de la marque d'estime que vous avez personnellement tenu à donner au Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Veillez agréer, Monsieur et très honoré Collègue, l'assurance de mes sentiments bien dévoués.

G. DARBOUX,  
*Secrétaire perpétuel,*  
Palais de l'Institut.

M. BLASERNA, après avoir ainsi porté à la connaissance du Comité tous les documents concernant cette élection, est bien heureux de voir le nouvel élu prendre part, dès maintenant, aux travaux du Comité.

M. DARBOUX remercie encore une fois le Comité de son accueil si sympathique.

M. le Secrétaire demande la permission de remplir maintenant un pieux devoir en rendant hommage à la mémoire des deux physiciens éminents enlevés à la Science à un si bref intervalle.

Le Comité, depuis sa dernière réunion, a éprouvé une grande et douloureuse perte en la personne de Élie-Éleuthère-Nicolas MASCART, décédé dans sa campagne de Poissy, le 26 août 1908. Permettez-moi de retracer devant vous les particularités principales de cette existence si féconde et si bien remplie.

E. MASCART, *sa vie et ses œuvres.*

Mascart est né à Quarouble, dans le département du Nord, le 20 février 1837. Ses conditions de fortune étaient des plus modestes; pour pouvoir étudier à Lille, il dut accepter la place fatigante de répétiteur. En 1858, il fut reçu à l'École Normale supérieure de Paris; il obtint le grade de docteur ès sciences en 1864; et, jusqu'en 1870, il fut successivement professeur aux lycées de Metz, de Paris et de Versailles. Mais c'est dès 1864 que commencent ses travaux personnels. Il examina, à l'aide de la photographie, la partie ultra-violette du spectre solaire avec un soin et une exactitude qui ont toujours été la caractéristique de ses recherches. Son activité dans ce domaine de la Physique attira sur lui l'attention du monde savant, de sorte que, après la guerre de 1870, il fut nommé en 1871 suppléant, et, dès l'année suivante, successeur de Regnault au Collège de France. Six ans plus tard, en 1878, il devint directeur du Bureau central météorologique, qu'il dirigea presque jusqu'à la fin de sa vie.

Bien que Mascart n'ait pas été l'auteur de quelque-une de ces découvertes qui portent d'un coup le nom d'un savant à la connaissance du grand public, il faut reconnaître en lui le travailleur solide, tenace, précis, le théoricien rigoureux, qui, lentement mais sûrement, marque sa voie dans la Science. Ses travaux sont très nombreux, et tous de grande importance autant que magistralement conduits. Il a parcouru les champs les plus variés de la Physique, tout en se consacrant plus spécialement à l'Optique et à l'Électricité. Après son travail déjà indiqué sur la partie ultra-violette du spectre solaire, où il releva 700 lignes, il établit la coïncidence entre beaucoup de celles-ci et les raies métalliques obtenues dans les étincelles électriques. Il fut le premier à signaler une correspondance de relation entre les raies d'un même métal. En 1869, il fit une recherche sur la sensibilité de l'œil aux radia-

tions ultra-violettes, et donna, en 1871, la théorie des phénomènes d'interférence de Haidinger dans les lames à faces planes et parallèles. C'est en 1877-1878 qu'il détermina, par un travail magistral, l'indice de réfraction des gaz, en démontrant qu'il varie en raison de la densité.

Son intérêt pour l'Optique ne fut jamais délaissé au milieu de ses autres travaux. C'est ainsi qu'en 1887 il simplifia et modifia la célèbre expérience des miroirs de Fresnel et fit de même pour le réfractromètre interférentiel de Jamin. Il étudia les propriétés focales des réseaux et donna la théorie des franges dans la lumière polarisée convergente. Il faut encore noter ses recherches sur l'indice de réfraction de l'eau comprimée et sur celui du carbonate de chaux, enfin sa théorie de l'arc-en-ciel.

Ses travaux, concernant l'électricité, ont été également nombreux et féconds. En 1878, il exécuta, en commun avec son Assistant, M. Angot, une importante série de mesures sur les machines dynamo-électriques ; en 1882, il fit construire une série d'appareils enregistreurs pour les variations du magnétisme terrestre, destinés à l'Observatoire du Parc Saint-Maur et à l'expédition française au Cap Horn. La part qu'il prit, au sein du Congrès de 1881, à la définition des unités électriques, fut très importante. Il en fit ensuite construire les étalons et procéda à la détermination de l'équivalent électrochimique de l'argent. Il entreprit, avec MM. de Nerville et Benoît, la détermination de l'ohm légal, d'abord par la méthode de Weber fondée sur l'induction terrestre et ensuite par la méthode de l'amortissement. Il apporta un progrès notable en perfectionnant la balance électrodynamique ; il simplifia considérablement l'électromètre à quadrants de Lord Kelvin ; il imagina les isolateurs électrostatiques qui portent son nom, et construisit un appareil complet pour l'engistrement photographique des variations de l'électricité atmosphérique. Nous n'oublierons pas non plus ses beaux travaux concernant la distribution de l'électricité dans les corps conducteurs pour le cas de trois sphères électrisées ; sur l'influence de l'électrisation dans l'évaporation ; sur la résistance des conducteurs aux courants alternatifs, et sur la position des pôles dans les aimants.

En 1874, Mascart fit une expérience remarquable, par laquelle il démontra que, dans un milieu sursaturé de vapeur d'eau, l'air ozonisé peut provoquer la condensation de la vapeur comme le font les poussières. L'importance de cette expérience n'a été appréciée

que 30 ans après, quand l'explication en fut trouvée par les recherches sur l'ionisation.

À côté de ces travaux plus particulièrement importants, Mascart en a exécuté une très grande quantité d'autres qui ont une réelle valeur; par exemple, sur les anomalies, les perturbations et la distribution du magnétisme terrestre, sur les phénomènes de l'électricité atmosphérique et sur les tempêtes.

Mascart possédait, d'autre part, un merveilleux talent d'exposition et fut un conférencier de premier ordre, comme le démontre son classique *Traité d'Électricité statique*, publié en 1876. On peut dire, sans exagération, que pour la première fois cette importante partie de la Physique était présentée avec toute la rigueur et la clarté désirables. Il eut le mérite de fondre ensemble en une seule théorie les vues de W. Thomson, de Clausius et de Kirchhoff, dont il fut le véritable introducteur en France.

Entre les années 1882 et 1896, il publiait, d'abord avec Joubert, et ensuite seul, une nouvelle édition de son célèbre *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, qui a marqué pour tous les pays une date importante dans la théorie de l'Électricité. Nous en avons tous profité pour saisir clairement l'œuvre de Maxwell. On peut en dire autant de son grand *Traité d'Optique* et de son *Traité du Magnétisme terrestre*, où il a su faire également ressortir la profondeur des théories et la valeur des méthodes de mesure.

L'Académie des Sciences a, presque dès le début, marqué une haute estime pour les mérites de Mascart. Elle lui a décerné deux prix, l'un en 1873, l'autre en 1875, pour ses expériences concernant le transport de l'éther lumineux par les corps en mouvement, et les modifications de la lumière par suite du rapprochement de la source lumineuse par rapport à l'observateur, et pour ses travaux d'optique physique. En 1884, il fut élu Membre de l'Académie.

Mascart a été président de la Société internationale des Électriciens, de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, de la Société française de Physique, du Comité météorologique international, du Comité électrotechnique international, du Conseil supérieur de l'Instruction publique, de la Commission d'examen des Inventions relatives à la Défense nationale. Après la mort tant regrettée de Cornu, il lui succéda comme Membre du Comité international des Poids et Mesures.

Il a contribué à resserrer les liens entre les hommes de science pure et les techniciens. La Société internationale des Électriciens,

le Laboratoire central d'Électricité et l'École supérieure d'Électricité lui sont redevables de leur progrès et de leur prospérité. Ses travaux en électricité et la part éminente prise par lui au Congrès d'Électricité de 1881 lui avaient acquis l'inaltérable amitié de Lord Kelvin, amitié qui a duré jusqu'aux derniers jours.

L'Académie des Lincei a profondément ressenti la perte de ce grand savant, qui lui appartenait depuis 1889 en qualité d'associé étranger. Pour nous aussi, du Comité international, le deuil est bien profond. Nous nous souvenons tous de l'assiduité avec laquelle il a coopéré à nos travaux, même quand sa terrible maladie était arrivée à la période de dernière gravité, de la part précieuse qu'il a prise à toutes nos délibérations, et des propositions si élevées qu'il savait formuler avec tant de justesse et d'à-propos. Sans doute, il a été peu d'années parmi nous; mais sa collaboration a été si active et si aimable, que son souvenir ne nous quittera jamais.

Nous avons malheureusement eu encore un deuil à supporter. Presque le même jour, où nous perdions Mascart, un autre grand physicien, qui nous avait appartenu, au moins pour un moment, disparaissait également. C'est Henri Becquerel, qui, en sa qualité de Vice-Président de l'Académie des Sciences, a dirigé les débats de la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures. Nous nous souvenons tous de la façon élégante et élevée et de la grande compétence avec lesquelles il s'est acquitté de cette mission. Permettez-moi donc de joindre à la commémoration de Mascart celle de son illustre confrère.

#### HENRI BECQUEREL.

Antoine-Henri Becquerel est né à Paris le 15 décembre 1852, dans la maison même qui avait été témoin des travaux de son grand-père et de son père. Après avoir été élève de l'École Polytechnique, il fut nommé ingénieur des Ponts et Chaussées, et l'année suivante répétiteur à la même École. En 1878, il devint Assistant au Muséum d'Histoire naturelle, et fut reçu docteur ès sciences en 1888. Dès l'âge de 37 ans, c'est-à-dire en 1889, il fut élu membre de l'Académie des Sciences, en remplacement de M. Berthelot, nommé Secrétaire perpétuel. A partir de 1892, il fut professeur de Physique appliquée au

Muséum d'Histoire naturelle; et, en 1895, il devint également professeur à l'École Polytechnique.

Becquerel fut initié aux études de Physique par son père, Edmond Becquerel, avec lequel il collabora à plusieurs travaux relatifs à la température du sol et à l'échange de chaleur entre celui-ci et l'atmosphère. En 1883, il inaugura des travaux indépendants, en se servant de la phosphorescence pour étudier la région infra-rouge du spectre solaire. Il employa la même méthode pour étudier, dans cette région infra-rouge, l'émission d'une série de vapeurs métalliques, et aussi le spectre d'absorption de l'eau et de diverses autres substances. En 1883 commencèrent ses recherches en mesure absolue sur le pouvoir rotatoire magnétique du sulfure de carbone et d'autres substances. Il étudia encore la rotation magnétique du plan de polarisation de la lumière dans les gaz, la magnétisation temporaire du nickel et du cobalt, comparée avec celle du fer; et aussi l'absorption de la lumière dans les cristaux. En 1898, il examina la dispersion anormale dans la flamme du sodium séparément pour les lignes de Fraunhofer  $D_1$  et  $D_2$ , travail important et très bien conduit.

Mais son nom restera célèbre dans tous les temps par la dernière série de ses travaux, qui le conduisirent à la découverte des radiations auxquelles son nom est resté attaché. Becquerel cherchait si les substances luminescentes étaient capables d'émettre des rayons analogues aux rayons Röntgen; et il reconnut que les sels d'uranium émettaient indéfiniment des radiations spontanées. Il crut tout d'abord qu'il s'agissait de rayons réfringibles et polarisables; mais il se rendit bientôt compte qu'il était en présence de radiations douées de propriétés tout à fait nouvelles, c'est-à-dire incapables de se réfléchir, de se réfracter et de se polariser, et possédant la faculté de décharger à distance les corps électrisés.

Il ouvrit ainsi à la Science un champ nouveau, qui fut immédiatement parcouru par beaucoup de savants, et qu'on peut considérer maintenant comme complètement connu. Mais, dans ce merveilleux développement atteint en si peu d'années, on n'oubliera jamais la part prépondérante prise par Becquerel. Ce fut lui qui établit la complexité de ces radiations, en isolant les trois espèces de rayons désignés par les lettres  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . Il en étudia le pouvoir pénétrant, les actions chimiques et électriques, la déviation magnétique et leurs autres propriétés. Ces inoubliables travaux lui valurent, en 1903, le prix Nobel, qu'il reçut conjointement avec les époux Curie.

Becquerel est mort subitement le 25 août 1908, à sa campagne du Croisic, à l'âge de 56 ans, alors qu'on pouvait encore attendre beaucoup de son génie scientifique. Très peu de mois avant sa mort, il avait succédé à Berthelot comme Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. Il appartenait à l'Académie des Lincei depuis 1903; en qualité de membre étranger.

Il laisse un fils, Jean, qui est le quatrième de la dynastie scientifique des Becquerel, et qui continue déjà brillamment les glorieuses traditions de la famille.

M. le PRÉSIDENT remercie M. le Secrétaire de la façon dont il a exprimé les sentiments du Comité, et dont il a retracé, avec sa compétence de physicien, la vie et les travaux des deux grands savants que la Science a perdus.

M. GAUTIER, en s'associant aux remerciements de M. le Président, propose que le bureau adresse, au nom du Comité, des lettres de respectueuse condoléance à M<sup>me</sup> Mascart et à M<sup>me</sup> Becquerel. La proposition est acceptée à l'unanimité.

M. le SECRÉTAIRE, passant au sujet de l'entrée du Chili et de l'Uruguay dans la Convention du Mètre, mentionne que ces adhésions ont été négociées directement entre les Représentants des deux pays et le Bureau international. Quand toutes les questions concernant le montant et le mode de paiement des taxes d'entrée et des cotisations annuelles eurent été réglées, le bureau envoya les deux lettres suivantes, ayant un caractère officiel et résumant les droits et les charges de chacun des deux pays :

Berlin et Rome, le 30 mars 1908.

*A Monsieur le Chargé d'Affaires du Chili à Paris.*

MONSIEUR LE CHARGÉ D'AFFAIRES,

Nous avons eu l'honneur de vous accuser réception de votre lettre du 8 février, par laquelle vous avez bien voulu nous donner connaissance de la décision prise par le Haut Gouvernement du Chili d'accéder à la Convention du Mètre, aux clauses et conditions

stipulées par cette Convention, dont le mode d'application a été précisé par les Conférences générales des Poids et Mesures. En conséquence de cette adhésion, devenue effective par le versement de la contribution d'entrée et de la quote-part annuelle, dont M. J.-R. Benoit, Directeur du Bureau international, vous a annoncé la réception, le Chili jouira, dès l'année courante, de tous les avantages assurés aux États contractants, dont il a déclaré assumer également les obligations.

Nous sommes particulièrement heureux de cette décision, qui, en créant pour toutes les questions relatives aux Poids et Mesures des liens directs entre votre Haut Gouvernement et ceux qui ont antérieurement adhéré à la Convention du Mètre, étend considérablement l'œuvre du Comité et du Bureau international dans le Continent sud-américain.

Nous ne manquerons pas de porter à la connaissance des Hauts Gouvernements adhérents l'heureuse nouvelle de l'accession de votre pays.

Par le même courrier, nous vous adressons, Monsieur le Chargé d'Affaires, cinq exemplaires des *Comptes rendus* de la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, ainsi que de la Convention du Mètre, réimprimée avec les modifications du Règlement annexé, votées par cette Conférence. En même temps, nous vous serions très obligés de nous faire connaître quelles sont celles des autres publications du Comité et du Bureau international qui sont en votre possession, afin de nous permettre d'en compléter la collection dans la mesure du possible.

Nous saisissons cette occasion pour vous adresser, Monsieur le Chargé d'Affaires, les assurances de notre haute considération.

Pour le Comité international des Poids et Mesures :

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

Berlin et Rome, le 1<sup>er</sup> décembre 1908.

*A Monsieur le Chargé d'Affaires de l'Uruguay à Paris.*

MONSIEUR LE CHARGÉ D'AFFAIRES,

En conséquence de l'heureuse adhésion du Haut Gouvernement de l'Uruguay à la Convention du Mètre, qui s'est produite au cours

de cette année, nous venons pour la première fois vous présenter, conformément aux stipulations de cette Convention, le Rapport spécial contenant les résultats financiers de la gestion du Bureau international des Poids et Mesures dans l'exercice écoulé, avec les prévisions pour le prochain exercice.

Nous avons eu déjà, au début de cette année, la satisfaction d'enregistrer l'accession du Chili à la Convention, de telle sorte que le nombre des États effectivement adhérents se trouve porté à vingt-quatre; la liste en est donnée dans le Tableau par lequel se termine le Rapport ci-joint.

Le chiffre de la population de l'Uruguay étant inférieur à celui qui, d'après la répartition proportionnelle, correspondrait à une part contributive de 500<sup>fr</sup>, c'est, suivant l'article 20 du Règlement annexé à la Convention, à cette somme de 500<sup>fr</sup> que reste fixée la quote-part du Haut Gouvernement de l'Uruguay.

La contribution d'entrée, ramenée à 1909<sup>fr</sup> par un versement antérieur de 1000<sup>fr</sup> pour taxes de vérifications, et la quote-part de 500<sup>fr</sup> pour l'année courante, n'ayant pas encore été versées à la caisse du Bureau international, nous vous serions extrêmement obligés, Monsieur le Chargé d'Affaires, de vouloir bien attirer la bienveillante attention de votre Haut Gouvernement sur l'urgence qu'il y aurait à faire effectuer ce versement, afin que la République de l'Uruguay puisse être définitivement inscrite parmi les États adhérents pour l'année 1908, et que nous puissions régulariser, avant de clore la comptabilité de cette année, l'opération combinée de l'adhésion et des vérifications faites antérieurement à sa notification.

Nous saisissons cette occasion pour vous adresser, Monsieur le Chargé d'Affaires, les assurances de notre haute considération.

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

M. le Secrétaire, en continuant son exposé, communique au Comité une lettre émanant de l'Ambassade d'Angleterre, par laquelle celle-ci demande au Bureau international 280 exemplaires de la *Convention du Mètre* et du nouveau Règlement annexé. Le Bureau répondit qu'il avait de suite disponibles seulement 100 exemplaires, mais qu'il allait faire procéder sans retard à un nouveau

tirage pour compléter le chiffre des exemplaires demandés. Voici trois lettres qui se rapportent à cette demande et aux deux envois successifs :

AMBASSADE D'ANGLETERRE, A PARIS.

---

Le 10 mars 1909.

L'Ambassade d'Angleterre présente ses compliments empressés au Comité international des Poids et Mesures, et le prie d'avoir l'extrême obligeance de lui fournir 280 exemplaires de la *Convention du Mètre* de 1875, ainsi que du dernier Règlement qui y est attaché.

C'est le Ministre des Colonies à Londres qui désirerait vivement être à même d'en expédier des exemplaires aux Colonies, Protectorats et États autonomes britanniques, et l'Ambassade prie le Comité international de bien vouloir l'informer en même temps du montant de la somme qui lui est due pour son gracieux envoi.

AMBASSADE D'ANGLETERRE, A PARIS.

---

Le 15 mars 1909.

*A Monsieur le Directeur  
du Bureau international des Poids et Mesures.*

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

Je m'empresse de vous accuser réception de la lettre du 13 courant, avec laquelle vous avez eu la bonté de m'envoyer 100 exemplaires de la *Convention du Mètre* de 1875, avec le dernier Règlement y annexé.

Je vous prie, Monsieur le Directeur, d'agréer mes plus vifs remerciements pour la suite que vous avez bien voulu donner à ma demande, et de recevoir en même temps l'assurance de ma considération très distinguée.

FRANCIS BERTIE.

AMBASSADE D'ANGLETERRE, A PARIS.

---

Le 25 mars 1909.

*A Monsieur Benoît, Directeur du Bureau international  
des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, Sèvres.*

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

En me référant à ma lettre en date du 15 mars, j'ai l'honneur de vous accuser réception de 180 exemplaires de la *Convention du Mètre* qui me sont parvenus aujourd'hui de l'imprimerie Gauthier-Villars.

Avec l'expression de mes meilleurs remerciements pour cet envoi, je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération très distinguée.

FRANCIS BERTIE.

M. le SECRÉTAIRE déclare qu'on ne saurait trop se féliciter de cette initiative prise par le Gouvernement anglais. Dans la longue correspondance que le Comité a eu l'honneur d'échanger avec le Haut Gouvernement du Royaume-Uni, le bureau a toujours exprimé sa profonde conviction que la réforme de l'article 20 du Règlement avait pour but de faciliter aux Colonies l'entrée dans la Convention, mais d'accord avec le Gouvernement métropolitain, et en laissant formellement à celui-ci la pleine liberté de décider si, quand et comment cette adhésion pourrait avoir lieu. Par le nouveau Règlement, la différence entre les régimes facultatif et obligatoire du Système métrique dans chaque Pays est devenue une question d'ordre purement intérieur, sans que la Convention ait à s'en préoccuper. Maintenant que le Système métrique est accepté par un grand nombre d'États et que vingt-quatre appartiennent formellement à la Convention, l'intérêt évident des Colonies, au point de vue de leurs relations avec le reste du monde, les amènera à s'associer à l'œuvre de la Convention, dans la forme et

la mesure que la Métropole et elles-mêmes jugeront les plus convenables.

M. le **SECRETARE** termine son exposé en communiquant les deux Rapports spéciaux financiers suivants, pour les années 1907-1908 et 1908-1909, qui ont été adressés aux Hauts Gouvernements contractants, conformément aux dispositions réglementaires.

---

## RAPPORT SPÉCIAL FINANCIER

AUX

GOUVERNEMENTS DES HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

SUR LES EXERCICES DE 1907 ET 1908.

---

Conformément aux prescriptions réglementaires, nous avons l'honneur de présenter, aux Hauts Gouvernements signataires de la Convention du Mètre, le *Rapport spécial financier* sur l'exercice, en grande partie déjà écoulé, de l'année 1907, et sur les prévisions pour l'exercice de 1908. En même temps nous présentons aussi le Tableau des parts contributives pour l'année 1908, tel qu'il résulte des décisions prises par la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures dans sa session d'octobre 1907.

I. Dans le Rapport financier précédent, daté du 25 novembre 1906, nous constatons que toutes les parts contributives pour l'exercice de 1906, aussi bien que quelques arriérés sur les exercices antérieurs, étaient entièrement rentrés à cette date. Pour l'exercice courant de 1907, les versements qui ont été faits, jusqu'au moment actuel, au Compte du Bureau international, sont indiqués dans le Tableau suivant :

*Versements faits au Compte du Bureau international  
(jusqu'au 20 novembre 1907).*

			Contributions pour 1907.
			fr
1907	Janvier	2. République Argentine.....	1 165
	»	27. Italie .....	7 285
	»	31. France.....	8 524
	Février	4. Suède.....	1 165
	»	4. Portugal.....	1 165
	»	13. Mexique.....	2 987
	»	21. Norvège.....	5 10
	»	21. États-Unis d'Amérique.....	11 875
	»	27. Danemark .....	1 45
	Mars	14. Suisse.....	7 28
	Avril	5. Russie.....	19 015
	»	15. Allemagne.....	12 312
	»	16. Espagne.....	4 080
	»	24. Autriche .....	5 682
	»	24. Hongrie.....	4 225
	Mai	21. Japon.....	7 212
	Juillet	18. Roumanie.....	1 384
	Août	13. Grande-Bretagne et Irlande..	6 339
	Novembre	27. Belgique .....	1 530
	»	29. Serbie.....	583
Total.....			97 911

Un seul État n'a donc pas encore versé sa contribution à la date actuelle; c'est

Le Pérou, avec..... 1031<sup>fr</sup>

En ajoutant ces 1031<sup>fr</sup> aux 97911<sup>fr</sup> du Tableau ci-dessus, on retrouve le total de 98942<sup>fr</sup>, qui représente bien, ainsi qu'il a été expliqué dans le Rapport financier de 1906, la contribution réglementaire de 100000<sup>fr</sup>, déduction faite du remboursement aux Hauts Gouvernements des sommes précédemment avancées par eux pour celui du Pérou.

En outre, le Dominion du Canada, ayant accédé à la Convention

du Mètre au cours de l'année 1907, a versé au Compte du Bureau international :

Pour sa contribution d'entrée.....	779 <sup>fr</sup>
Pour sa contribution annuelle.....	786 <sup>fr</sup>

II. La *Caisse de secours et de retraites*, qui a été instituée depuis la Conférence générale de 1901, possédait à la fin d'octobre 1906, d'après le précédent Rapport financier :

En capital placé.....	45670,85 <sup>fr</sup> (valeur d'achat)
Solde en caisse.....	503,75
	<hr/>
	46174,60

Depuis lors, il a été ajouté à cette dernière somme, jusqu'à la fin d'octobre 1907 :

Retenues sur les traitements.....	822,90 <sup>fr</sup>
Intérêts du capital placé .....	1380,50
Taxes de vérifications sur l'exercice 1906..	100,00
	<hr/>
	2303,40

D'autre part, on a acheté :

Le 17 août 1907, 70<sup>fr</sup> Rente française 3 %/<sub>0</sub>,  
ayant coûté..... 2207<sup>fr</sup>,20

Il en résulte que, à la date actuelle, la Caisse de secours et de retraites possède :

En capital placé, représentant une rente de 1433 <sup>fr</sup> ,00.....	47878,05 <sup>fr</sup> (valeur d'achat)
En espèces, en caisse.....	599,95
	<hr/>
	48478,00

Comme par le passé, d'ailleurs, cette Caisse n'a encore eu à faire face, dans le dernier exercice, à aucune dépense.

III. Le *Fonds de réserve*, qui a été institué en même temps que la *Caisse de secours et de retraites*, s'accroît des intérêts de son capital et d'une somme de 5000<sup>fr</sup>, inscrite chaque année au projet de budget élaboré par le Comité et prélevée sur les actifs disponibles

du Compte III. Jusqu'à l'année dernière, l'actif disponible de ce Fonds de réserve était resté déposé à la Caisse des Dépôts et Consignations, mélangé avec ceux des autres Comptes du Bureau international. Depuis lors, le Comité a décidé de retirer ces fonds, à l'exemple de ce qui a été déjà fait pour la Caisse des retraites, pour constituer désormais un Compte complètement séparé, dont le capital serait transformé également en titres de rentes.

A la fin de 1905, le Fonds de réserve possédait, ainsi qu'il a été

dit au précédent Rapport financier, un actif disponible de	fr 18 327,61
qui s'est accru, pendant l'exercice suivant, des intérêts à 2 pour 100 bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	366,54
	<hr/>
	18 694,15

Conformément à la décision du Comité, cette somme a été retirée de la Caisse des Dépôts et placée en rentes françaises 3 pour 100. Depuis lors, jusqu'à la date actuelle, ce capital s'est accru :

Du versement inscrit au budget pour 1906.....	fr 5 000,00
Des intérêts du capital placé en rentes.....	555,75
	<hr/>
	24 249,90

Sur ces fonds, on a acheté :

Le 10 janvier 1906, 571 <sup>fr</sup> Rente française 3 %, ayant coûté.....	18 199 <sup>fr</sup> ,20
Le 26 février 1906, 170 <sup>fr</sup> Rente française 3 %, ayant coûté.....	5 442 <sup>fr</sup> ,60

Il en résulte qu'à la date actuelle, le Fonds de réserve possède :

En capital placé, représentant une rente de 741 <sup>fr</sup> .....	fr 23 641,80 (valeur d'achat)
En espèces en caisse.....	608,10
	<hr/>
	24 249,90

IV. Tout le détail des comptabilités du Bureau pour les exercices de 1905 et de 1906 a été soumis au Comité et examiné par lui, avec

les pièces justificatives, dans sa session d'octobre 1907. Il est reproduit *in extenso* dans les *Procès-verbaux* de cette session, dont l'impression sera achevée très prochainement. Nous nous bornerons ici, comme de coutume, à en extraire le Tableau ci-après, qui résume (en dehors de ce qui a été déjà dit ci-dessus sur la Caisse des retraites et le Fonds de réserve, qui constituent les Comptes IV et V, complètement séparés, de la comptabilité du Bureau) la situation financière de l'Institution internationale à la fin de l'exercice de 1906 :

Compte I.	Frais d'établissement solde actif.....	22 492,93	fr
» II.	Frais des étalons internationaux, id..	20 697,95	
» III.	Frais annuels, id.....	163 827,45	
	Total.....	207 018,33	

V. Le projet de budget que nous avons l'honneur de présenter aux Hauts États contractants pour l'exercice de 1908, conformément aux délibérations du Comité, ne diffère que par quelques détails de ceux des précédents exercices. Nous nous bornerons à le retranscrire ici.

PROJET DE BUDGET POUR L'EXERCICE DE 1908 :

A. *Personnel* :

1.	Directeur.....	15 000	fr
2.	Directeur adjoint.....	10 000	
3.	Assistants.....	12 000	
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.....	3 000	
		<hr/>	48 520

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 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 labora- toire et moteur.....	2 500	
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.....	4 180	
14. Réserve .....	5 000	
		<u>45 480</u>
Total.....		100 000

VI. Ainsi que nous avons eu l'honneur de le mentionner dans notre précédent Rapport spécial financier du 15 novembre 1906, la quatrième Conférence générale s'est réunie pendant le mois d'octobre 1907. Dans sa deuxième séance, en date du 17 octobre, elle a examiné les propositions du Comité concernant le nouveau mode de répartition des contributions, ainsi que la nouvelle rédaction des articles 6, 19, 20 du Règlement annexé à la Convention du Mètre.

Nous reproduisons un extrait des *Comptes rendus* de la Conférence se rattachant à cette question, et le portons à la connaissance des Hauts Gouvernements contractants.

Voici les trois articles qui ont été soumis successivement aux votes de la Conférence :

#### Art. 6.

« La dotation annuelle du Bureau international est fixée à 100000 francs.

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

» Dans le cas où le Comité jugerait nécessaire d'apporter une modification, soit à la dotation annuelle, soit au mode de calcul des contributions déterminé par l'article 20 du présent Règlement, il

devrait soumettre ce projet de modification aux Gouvernements, de façon à leur permettre de donner, en temps utile, les instructions nécessaires à leurs Délégués à la Conférence générale suivante, afin que celle-ci puisse délibérer valablement. La décision sera valable seulement dans le cas où aucun des États contractants n'aura exprimé, ou n'exprimera dans la Conférence, un avis contraire. »

ART. 19.

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

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

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

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

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

ART. 20.

« L'échelle des contributions, dont il est question à l'article 9 de la Convention, est établie sur la base de la dotation fixée par l'article 6 du présent Règlement, et sur celle de la population ; mais la contribution normale de chaque État ne peut pas être inférieure à 500 francs, ni supérieure à 15 000 francs, 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 con-

sécutives, et ne peuvent être modifiées, dans l'intervalle, que dans les cas suivants :

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

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

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

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

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

Chacun de ces articles a été adopté par 20 voix sur 20 votants; et l'ensemble, soumis au vote par appel nominal, a été adopté par 20 voix sur 20 votants.

Ont voté *oui* : l'Allemagne, la République Argentine, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis de l'Amérique du Nord, la France, la Grande-Bretagne et Irlande, la Hongrie, l'Italie, le Japon, le Mexique, la Norvège, la Roumanie, la Russie, la Serbie, la Suède et la Suisse.

A la suite de ce vote, M. le Président a proclamé comme adoptés à l'unanimité des États présents les trois nouveaux articles 6, 19, 20 du Règlement.

Le Pérou et le Portugal n'étaient pas représentés à la Conférence.

M. le Secrétaire a déclaré ensuite, au nom du Comité international, que, conformément à ce vote, le bureau présentera aux Hautes Parties contractantes, dans son Rapport spécial financier, le Tableau des contributions pour l'exercice prochain, calculé sur la base du nouveau mode de répartition qui vient d'être adopté.

Conformément à ces votes et à cette déclaration, le calcul de la nouvelle échelle des contributions a été établi, en employant pour le chiffre des populations l'Almanach de Gotha de 1907; il en est résulté le Tableau suivant, que nous avons l'honneur de présenter aux Hauts Gouvernements :

*Tableau des parts contributives des États contractants, calculé d'après la nouvelle rédaction des articles 6 et 20 du Règlement de la Convention. (Exercice de 1908.)*

ÉTATS CONTRACTANTS.	ANNÉE de recensement ou d'évaluation.	POPULATION en milliers d'habitants.	FRAIS ANNUELS 100 000 fr. — Coefficients pour 1000 habitants 0 fr. 192 677.
1. Allemagne.....	1905	60 638	11 683 <sup>fr</sup>
2. Etats-Unis d'Amérique*.....	1905	83 343	15 000
3. République Argentine.....	1905	5 678	1 094
4. Autriche.....	1900	26 151	5 039
5. Belgique.....	1905	7 161	1 380
6. Canada.....	1904	5 604	1 080
7. Danemark*.....	1901	2 465	500
8. Espagne.....	1900	18 831	3 628
9. France et Algérie.....	1901	43 763	8 432
10. Grande-Bretagne et Irlande...	1906	44 177	8 512
11. Hongrie.....	1900	19 255	3 710
12. Italie.....	1906	33 733	6 500
13. Japon.....	1903	51 742	9 969
14. Mexique.....	1900	13 607	2 622
15. Norvège*.....	1900	2 240	500
16. Pérou.....	1896	4 560	879
17. Portugal.....	1900	5 423	1 045
18. Roumanie.....	1905	6 480	1 248
19. Russie*.....	1897 1904	130 469	15 000
20. Serbie.....	1905	2 689	518
21. Suède.....	1905	5 295	1 020
22. Suisse.....	1900	3 325	611
	Total....	576 629	100 000

Les États marqués d'un astérisque sont au maximum ou au minimum de la contribution.

Berlin et Rome, le 30 novembre 1907.

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

## RAPPORT SPÉCIAL FINANCIER

AUX

GOUVERNEMENTS DES HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

SUR LES EXERCICES DE 1908 ET 1909.

Nous avons l'honneur de présenter, aux Hautes Parties contractantes, conformément aux prescriptions réglementaires, le *Rapport spécial financier* du Comité international des Poids et Mesures, sur l'exercice, en grande partie déjà écoulé, de l'année 1908, et sur les prévisions pour l'exercice de 1909. Nous présentons également le Tableau des parts contributives pour l'année 1909, tel qu'il résulte des décisions prises par la dernière Conférence générale des Poids et mesures.

Nous avons la satisfaction de pouvoir annoncer aux Hauts Gouvernements que deux nouveaux États, le Chili et l'Uruguay, ont déclaré leur accession à la Convention du Mètre. Le Tableau des contributions a été établi en tenant compte de ces nouvelles adhésions.

I. Pour l'exercice courant de 1908, les versements des parts contributives qui ont été faits jusqu'à présent sont indiqués dans le Tableau suivant :

*Versements faits au Compte du Bureau international  
(jusqu'au 30 novembre 1908).*

			Contributions pour 1908.
			fr
1908 Janvier	24.	République Argentine.....	1 094
Février	21.	Suède.....	1 020
»	21.	Suisse.....	641
Mars	4.	Italie.....	6 500
Avril	9.	France et Algérie.....	8 432
»	16.	Japon.....	9 969
»	21.	Norvège.....	500

			Contributions pour 1908.
			fr
Juin	26.	Russie.....	15 000
Juillet	3.	Allemagne.....	11 683
»	3.	Autriche.....	5 039
»	3.	Danemark.....	500
»	3.	Espagne.....	3 628
»	3.	Hongrie.....	3 710
»	3.	Mexique.....	2 622
Septembre	4.	Grande-Bretagne et Irlande..	8 512
Novembre	5.	Pérou.....	879
»	11.	Serbie.....	518
»	17.	Belgique.....	1 380
»	17.	Portugal.....	1 045
»	18.	Roumanie.....	1 248
»	18.	États-Unis d'Amérique.....	15 000
Total.....			<u>98 920</u>

La contribution du Canada, montant à 1080<sup>fr</sup>, annoncée, mais non encore rentrée, complétera la somme de la dotation annuelle régulière de..... 100000<sup>fr</sup>

D'autre part, le Pérou a acquitté, en même temps que sa contribution pour l'exercice de 1908, sa contribution arriérée pour l'exercice précédent, soit..... 1031<sup>fr</sup>

Il faut ajouter que le Gouvernement du Chili, en accédant à la Convention du Mètre, a versé au compte du Bureau international, le 21 avril 1908 :

Pour sa contribution d'entrée.....	4827 <sup>fr</sup> ,00
Pour sa contribution annuelle.....	655 <sup>fr</sup> ,00

Enfin, le versement de la contribution due par l'Uruguay a été annoncé, mais n'a pas encore été effectué.

II. La *Caisse de secours et de retraites*, instituée par la Conférence générale de 1901, possédait à la fin d'octobre 1907 :

En capital placé, représentant une rente de 1433 <sup>fr</sup> .....	47 878,05 (valeur d'achat)
En espèces, en caisse....	599,95
	<u>48 478,00</u>

Depuis lors, il a été ajouté à cette dernière somme, jusqu'à la fin d'octobre 1908 :

Retenues sur les traitements .....	fr 850,40
Intérêts du capital placé.....	1433,00
Taxes de vérifications sur l'exercice 1907...	<u>1000,00</u>
	3283,40

D'autre part, on a acheté :

Le 13 novembre 1908, 109 <sup>fr</sup> Rente française	
3 pour 100, ayant coûté .....	3511 <sup>fr</sup> ,50

Il en résulte que, à la date actuelle, la Caisse de secours et de retraites possède :

En capital placé, représentant une rente de 1542 <sup>fr</sup> .	fr 51389,55 (valeur d'achat)
En espèces, en caisse....	<u>371,85</u>
	51761,40

III Le *Fonds de réserve* possédait à la fin d'octobre 1907, comme l'a indiqué notre dernier Rapport spécial financier :

En capital placé, représentant une rente de 741 <sup>fr</sup> ..	fr 23641,80 (valeur d'achat)
En espèces, en caisse....	<u>608,10</u>
	24249,90

Depuis lors, jusqu'à la date actuelle, cette somme s'est augmentée :

Du versement inscrit au budget pour 1907...	fr 5000,00
Des intérêts du capital placé.....	<u>870,75</u>
	5870,75

D'autre part, il a été acheté :

Le 20 janvier 1908, 173 <sup>fr</sup> Rente française 3 %/o	
ayant coûté .....	5519 <sup>fr</sup> ,15

Il en résulte que, à la date actuelle, le Fonds de réserve possède :

En capital placé, représentant une rente de 914 <sup>fr.</sup>	29 160,95	<sup>fr</sup> (valeur d'achat)
En espèces, en caisse ...	959,70	
	<hr/>	
	30 120,65	

La Caisse de secours et de retraites et le Fonds de réserve n'ont eu encore, comme par le passé, à faire face, dans le dernier exercice, à aucune dépense.

IV. Le bureau du Comité, dans la visite qu'il vient de faire au Bureau international, a examiné l'état des comptabilités de l'Établissement à la date actuelle. Tous les détails pour l'exercice de 1907 et pour l'exercice courant en seront soumis, avec les pièces justificatives, au Comité lui-même, dans sa prochaine session, qui aura lieu au printemps de 1909, et publiés *in extenso* dans ses *Procès-verbaux*. Nous nous bornerons ici, comme de coutume, à indiquer la situation financière du Bureau au commencement de l'exercice courant. En laissant de côté les Comptes IV et V (*Caisse de retraites et Fonds de réserve*), dont il a été déjà fait mention ci-dessus, cette situation se résume par les chiffres suivants :

Compte I.	Frais d'établissement, solde actif.....	32 675,93
» II.	Frais des étalons internationaux, id...	10 436,85
» III.	Frais annuels, id.....	183 880,73
		<hr/>
	Total.....	226 993,51

V. Le budget que nous avons l'honneur de présenter aux Hauts États contractants pour l'exercice de 1909 est, suivant les décisions du Comité, conforme à celui de l'année 1908. Nous nous bornons donc à le reproduire :

BUDGET POUR L'EXERCICE DE 1909 :

A. *Personnel* :

	fr	
1. Directeur.....	15 000	
2. Directeur adjoint .....	10 000	
3. Assistants .....	12 000	
4. Mécanicien .....	3 360	
5. Garçon de bureau.....	2 160	
6. Personnel auxiliaire pour les études ther- mométriques .....	3 000	
7. Indemnités pour services et travaux extraordinaires .....	3 000	
	<hr/>	48 520 fr
B. <i>Indemnité du Secrétaire</i> .....		6 000

C. *Frais généraux d'administration* :

1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier .....	6 000	
2. Achat et entretien de machines et instru- ments .....	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 .....	2 500	
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.....	4 180	
14. Réserve.....	5 000	
	<hr/>	45 480
Total.....		100 000

VI. L'article 20 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, tel qu'il a été établi par la dernière Conférence générale, indique que le Tableau des parts contributives est valable pour tout le temps compris entre deux Conférences générales; mais il résulte, d'autre part, du paragraphe 6, que le calcul doit être modifié dans le cas de l'accession de nouveaux États à la Convention. Or, comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, le Chili et l'Uruguay sont devenus

adhérents. Nous avons donc recalculé le Tableau et nous avons l'honneur de le présenter aux Hautes Parties contractantes conformément à ces nouvelles données.

*Tableau des parts contributives des États contractants.  
(Exercice de 1909.)*

ÉTATS CONTRACTANTS.	ANNÉE de recensement ou d'évaluation.	POPULATION en milliers d'habitants.	FRAIS ANNUELS 100 000 fr. — Coefficients pour 1000 habitants 0 fr. 188875.
1. Allemagne.....	1905	60 641	11 454
2. États-Unis d'Amérique.....	1905	84 216	15 000
3. République Argentine*.....	1906	6 000	1 133
4. Autriche.....	1900	25 151	4 939
5. Belgique.....	1906	7 239	1 367
6. Canada.....	1905	5 683	1 073
7. Chili.....	1905	3 400	642
8. Danemark*.....	1906	2 605	500
9. Espagne.....	1906	19 566	3 606
10. France et Algérie.....	1906	43 642	8 243
11. Grande-Bretagne et Irlande...	1906	44 177	8 344
12. Hongrie.....	1900	19 255	3 637
13. Italie.....	1906	33 441	6 316
14. Japon.....	1907	51 907	9 804
15. Mexique.....	1900	13 607	2 570
16. Norvège*.....	1906	2 321	500
17. Pérou.....	1896	4 560	861
18. Portugal.....	1900	5 423	1 024
19. Roumanie.....	1906	6 586	1 244
20. Russie*.....	1897 1904 1905	130 507	15 000
21. Serbie.....	1906	2 735	517
22. Suède.....	1906	5 337	1 008
23. Suisse.....	1900	3 325	628
24. Uruguay*.....	1906	1 103	500
		<b>Total.... 583 427</b>	<b>100 000</b>

Les États marqués d'un astérisque sont au maximum ou au minimum de la contribution.

Berlin et Rome, le 30 novembre 1908.

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

M. le PRÉSIDENT remercie M. le Secrétaire de son exposé, et demande à M. d'Arrillaga, Président de la Commission des Comptes et des Finances, si celle-ci est en état de présenter son premier Rapport.

M. d'ARRILLAGA répond affirmativement et prie M. Arndt-sen, rapporteur, d'en donner connaissance.

M. ARNDTSEN donne lecture du Rapport suivant :

**Premier Rapport de la Commission des Comptes  
et des Finances.**

La Commission des Comptes et des Finances a examiné en détail les comptes et les livres du Bureau international des Poids et Mesures pour les exercices de 1907 et 1908, et a trouvé qu'ils ont été tenus d'une manière parfaite et très claire.

La Commission, ayant en outre constaté que toutes les dépenses sont justifiées par des pièces à l'appui, propose au Comité d'approuver les comptes du Bureau pour les exercices des années 1907 et 1908, et d'en donner à M. le Directeur décharge pleine et entière.

*Le Rapporteur,*  
A. ARNDTSEN.

*Le Président,*  
F. DE P. ARRILLAGA.

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 1907 et 1908, et en donne décharge pleine et entière à M. le Directeur.*

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Guillaume, au sujet des récents progrès dans le développement du Système métrique.

M. GUILLAUME en fait un exposé que M. le PRÉSIDENT

déclare de nature à être soumis à l'examen de la Commission des Instruments et Travaux.

La prochaine séance est fixée au lundi 29 mars, à 9<sup>h</sup> du matin.

La séance est levée à 5<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.



---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

Lundi 29 mars 1909.

PRÉSIDENTE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents : MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOIT, BLASERNA, DE BODOLA, DARBOUX, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, GILL, VON LANG.

M. GUILLAUME, invité, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 10<sup>h</sup>.

Le procès-verbal de la deuxième séance est lu et approuvé.

M. VON LANG, président de la Commission des Instruments et Travaux, informe que celle-ci est en situation de donner connaissance de son premier Rapport; et, à la demande de M. le Président, il prie M. Gautier, rapporteur, d'en donner lecture.

M. GAUTIER s'exprime dans les termes suivants :

**Rapport de la Commission des Instruments et Travaux.**

(PREMIÈRE PARTIE.)

La Commission, composée de MM. de Bodola, Egoroff, von Lang et Gautier, s'est réunie une première fois, le 23 mars, au Pavillon de Breteuil, pour se constituer. Elle a nommé M. von Lang président, et M. Gautier rapporteur. Elle a tenu ensuite trois séances les 24, 25 et 27 mars. Ont assisté à ces séances : les membres de la Commission, puis MM. Foerster, président du Comité; d'Arrillaga, Gill; M. Benoît, directeur du Bureau international, et M. Guillaume,

directeur adjoint. Durant ces séances, les délibérations de la Commission ont porté sur les points suivants :

I. *Kilogrammes prototypes.* — M. Benoit signale que trois kilogrammes nationaux sont parvenus au Bureau pour la vérification dont le terme final a été fixé à l'année 1910 par la Conférence générale de 1907. La Commission propose au Comité de provoquer, par une nouvelle circulaire, l'envoi au Bureau des autres prototypes nationaux qui n'ont pas encore été renvoyés au Bureau (1).

II. *Mètres prototypes.* — A. *Nouveaux témoins du Mètre.* — M. Benoit fait une intéressante communication sur un exemplaire de quartz naturel pesant 64<sup>kg</sup> et mesurant environ 1<sup>m</sup> de longueur, lequel a été trouvé à Madagascar, et qu'il a eu l'occasion d'examiner avec M. Jobin. Cet examen a prouvé que ce quartz, curieux par ses dimensions, ne se prêterait en aucune façon à construire un témoin du Mètre.

M. Gill communique à la Commission les résultats obtenus à Teddington sur une pièce de quartz fondu transparent (quartz vitreux). A la suite d'une expérience où cette pièce avait été plongée dans l'air liquide, puis chauffée à la température de 400° C., sa longueur n'avait changé que d'une quantité inférieure à  $\frac{2}{1000000}$ .

A la suite de cette communication, la Commission propose au Comité : 1° de prier M. Gill de bien vouloir renseigner le Bureau sur la fabrication de ces pièces en quartz fondu et de lui en faire parvenir des échantillons; 2° de charger le Bureau de faire sur ces pièces des essais et des études de tracé et de stabilité, puis de rapporter, à la prochaine session du Comité, sur la question de savoir si cette substance pourrait se prêter à la construction d'un témoin du Mètre.

B. *Témoins existants du Mètre.* — La Commission fait au Comité les propositions suivantes :

1° Les deux règles, Type I et Type II, dont le tracé vient d'être refait par M. Benoit, seront dès maintenant déterminées par comparaisons en série fermée avec les deux prototypes disponibles, n° 26 et Type III;

2° Il y aura lieu de compléter ultérieurement ces déterminations

---

(1) Ce sont les n° 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 30, 33, 34, 35, 39.

par de nouvelles séries de comparaisons dans lesquelles interviendraient le Mètre international lui-même et ses témoins actuels;

3° L'une des règles, Type I ou Type II, restera disponible pour les travaux du Bureau; l'autre sera placée dans le coffre-fort comme témoin du Mètre international.

*C. Détermination des longueurs dans le sens vertical.* — M. de Bodola attire l'attention de la Commission sur l'importance de cette détermination au point de vue des pendules et des mesures au cathétomètre. La Commission émet le vœu que le Bureau s'occupe de cette question.

*III. Appareils géodésiques et nouvelles applications des aciers au nickel.* — La Commission a entendu avec un vif intérêt les communications de MM. Benoit et Guillaume, et a examiné avec attention divers appareils ou instruments installés au Pavillon de Breteuil.

Deux piliers en briques ont été montés dans la cour à 24<sup>m</sup> l'un de l'autre, pour qu'on puisse étudier la stabilité que de semblables piliers présentent comme termes dans les mesures de bases. A cet effet, leur distance a été mesurée chaque semaine, sauf empêchement majeur, à partir du mois d'octobre 1908, au moyen d'un même fil d'invar. Les écarts de ces mesures dépassent à peine les limites des erreurs d'observation, et ne semblent, jusqu'ici, suivre aucune loi systématique.

M. Guillaume a présenté à la Commission :

1° Un tube d'invar obtenu, par un nouveau procédé de fabrication, à des conditions qui rendent ces tubes abordables pour beaucoup d'applications industrielles;

2° Des exemplaires intéressants d'alliages à 7, 36 et 44 pour 100 de nickel, puis des aciers et des aciers-nickels à cémentation superficielle, présentant à la fois un intérieur très résistant et une surface très dure, alliages qui pourraient se prêter avantageusement à la construction d'étalons à bouts;

3° Les beaux résultats qui ont été récemment obtenus par des chronomètres de poche ou de bord, munis du balancier Guillaume, dans les services chronométriques des Observatoires de Besançon, Genève, Kew et Neuchâtel, et du Naval Observatory de Washington;

4° Quelques spécimens d'étalons de masse en alliage de nickel-chrome, fondus aux aciéries d'Imphy. Cet alliage réalise les condi-

tions de dureté, d'indifférence magnétique et de résistance à l'oxydation, qui permettront de le substituer, sans trop d'infériorité, au platine iridié.

*Le Rapporteur,*

R. GAUTIER.

*Le Président,*

VON LANG.

Après un échange d'observations, M. le Président met aux voix l'ensemble des propositions contenues dans le Rapport, et celles-ci sont adoptées à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT expose que la Commission des Instruments et des Travaux, sans avoir pris une décision formelle, s'est beaucoup préoccupé de la nécessité d'améliorer les conditions matérielles du personnel si dévoué et dont la tâche est si lourde. Elle s'y est montrée tout à fait favorable; mais la Commission des Finances doit, de son côté, se prononcer pour que le Comité puisse prendre une décision.

M. BLASERNA remarque qu'en effet les deux Commissions sont également intéressées à la question. Le rôle de la Commission des Instruments et des Travaux étant de faire connaître les conditions dans lesquelles l'activité du Bureau puisse satisfaire aux nécessités du service, c'est à la Commission des Finances de dire, de son côté, si les ressources budgétaires sont disponibles pour ces améliorations.

M. GILL appuie très chaleureusement la proposition. Ces messieurs du Bureau sont souvent obligés d'exécuter personnellement des travaux inférieurs, qui pourraient être confiés à des personnes d'une compétence moins élevée.

M. FOERSTER, constatant que le Comité est en principe favorable à cet ordre d'idées, propose que la Commission des Finances soit autorisée à comprendre cette question dans son prochain Rapport.

La proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT déclare que, dans la fixation de la contribution d'entrée dans le cas de nouvelles adhésions à la Convention, quelques incertitudes se présentent; il y aurait donc lieu, pour la Commission des Finances, d'établir des règles fixes, d'autant plus que certaines adhésions peuvent se produire de la part des pays ou des colonies à très grande population, et le Bureau se trouverait dans un certain embarras. D'un autre côté, quelques doutes ont été soulevés dans l'application du maximum et du minimum pour les contributions annuelles. M. Foerster demande donc à la Commission des Finances de présenter des propositions à cet égard.

M. le PRÉSIDENT annonce que la Commission des Instruments et des Travaux s'est occupée des étalons à bouts qui ont acquis récemment une très grande importance scientifique et industrielle.

Il mentionne que M. Guillaume a préparé, sur cet intéressant sujet, un travail préliminaire, qui a été communiqué en épreuves au Comité. Il serait à désirer que cet important travail pût figurer comme annexe dans le Volume des *Procès-Verbaux*, et même distribué en tirage à part aux Services nationaux et aussi aux industries intéressées. •

M. FOERSTER insiste ensuite sur la nécessité, pour le Comité, de prendre position aussitôt que possible à l'égard des températures différentes de la normale, que plusieurs associations ont tendance à vouloir introduire dans la pratique. Dès la semaine prochaine, par exemple, certaines sociétés allemandes proposeront à la Commission nationale des Poids et Mesures, à Berlin, d'adopter comme normale une température plus voisine de celle de l'air ambiant. L'idée serait de n'avoir pas à s'occuper des corrections provenant de la dilatation. Il serait très important pour lui de pouvoir s'appuyer sur une déclaration du Comité. Cette tendance de quelques praticiens est contraire au fait que

plusieurs industries se préoccupent de plus en plus d'introduire chez elles les procédés de la haute précision.

M. BLASERNA, tout en se rendant compte du sentiment qui inspire cette tendance, ne pourrait accepter une nouvelle température normale qu'à la condition expresse d'avoir un moyen simple et sûr de la produire avec facilité et précision toutes les fois qu'on en aurait besoin. La Science a accepté la température normale de la glace fondante, non par amour pour le zéro, mais parce qu'elle y a trouvé cette facilité et cette précision, qui sont absolument indispensables.

Sir DAVID GILL demande la permission de traiter avec quelques développements une question qu'il considère comme très importante. Il pense qu'il doit y avoir une erreur d'interprétation concernant la véritable signification du Mètre. Le Mètre n'a aucune relation quelconque avec la température; il est simplement une longueur absolue ou une distance entre deux points. Cette distance — le Mètre — est la même, quelle que puisse être la température. A défaut d'une meilleure méthode de définition, le Mètre est considéré à présent comme étant la longueur d'une certaine barre de platine à la température de la glace fondante; mais cette barre n'est pas un Mètre à toute autre température, et elle peut même changer sa longueur à zéro par le fait d'un accident ou par des changements moléculaires internes. Par conséquent, nous devons employer d'autres étalons indépendants, fait en des matières différentes, qui présentent des conditions probables de stabilité moléculaire élevées; ou, mieux encore, nous pourrions rapporter la barre originale de platine à un étalon naturel tel que la longueur d'onde des vibrations de la raie rouge de la vapeur de cadmium, de telle sorte que nous puissions, en définitive, rapporter le Mètre à un étalon naturel qui ne soit pas susceptible de se modifier. Mais, si nous employons des étalons dans un but pratique quel-

conque, nous devons connaître leur longueur à toute température à laquelle ils peuvent être soumis dans leur usage. Cela dit pour marquer l'idée philosophique d'un étalon, nous employons rarement un étalon à 0°.

L'équation qui exprime la longueur de la barre à la température à laquelle elle est employée est seulement une fiction algébrique qui, pour des raisons de commodité, part de 0° comme point d'origine. Il est donc exagéré d'affirmer qu'on pourrait assurer une plus grande uniformité dans les usines en rapportant les étalons industriels à 0°, plutôt qu'à toute autre température, pourvu qu'on puisse arriver à un accord sur la température à employer (par exemple, 17° C.).

Les industriels anglais et américains, et il semble aussi les industriels allemands, préfèrent rapporter les étalons à bouts à une température définie plus voisine de celle de leurs ateliers. La différence entre les deux systèmes est que, si une machine est construite en partant d'étalons qui ont, d'une part, leur température de définition à 0°, ou, d'autre part, à 17° par exemple, elle sortira de l'usine, dans le dernier cas, plus près de ses dimensions nominales réelles que dans le premier.

Si une entente générale peut être obtenue, de telle sorte que toutes les constructions en acier soient rapportées à des étalons d'acier exprimés en millimètres à 0°, nous serons certains qu'ils appartiendront tous à une échelle identique; mais nous arriverions au même résultat si tous les industriels s'entendaient pour adopter 17° comme température de référence, et nous assurerions ainsi une plus grande égalité d'échelle dans des constructions en laiton, comparées à celle en acier, s'il était entendu que des étalons en laiton seraient employés dans la construction des machines en laiton.

Sir David Gill pense qu'il y aurait de bons arguments à apporter pour l'un ou l'autre système, et que la décision finale doit être laissée aux constructeurs, mais que le

Comité devrait indiquer qu'une température unique de référence est nécessaire.

M. BENOÎT fait observer que ce serait une illusion de croire qu'on aurait une meilleure précision en employant une autre température normale. La vérité est qu'il faut distinguer entre des machines qui sont construites d'un seul métal et celles qui ont des pièces de différents métaux. Ces dernières pourront s'accorder pour une température, mais pas pour les autres. Il serait en effet tout à fait illusoire de croire qu'on peut obtenir à cet égard un gain quelconque en se servant d'étalons ajustés sur une température autre que 0°.

M. DE BODOLA appuie les observations de M. Benoît et déclare que c'est sur ce point de l'homogénéité qu'il faut insister.

M. GAUTIER fait remarquer que la température ambiante est loin d'être la même dans les différents pays et dans les différentes saisons. Il faut donc maintenir celle de 0°, qu'on peut appliquer dans tous les pays et dont on est toujours sûr.

Sur l'invitation de M. le PRÉSIDENT, M. GUILLAUME lit un projet de formule qu'il a préparé sur ce sujet, et il est entendu qu'il tiendra compte de l'échange d'observations qui vient de se produire, pour sa rédaction définitive.

Au sujet de la forme des étalons à bouts, M. GUILLAUME présente, sur l'invitation de M. le Président, une proposition formulée dans les termes suivants :

L'uniformité dans les dimensions accessoires des étalons à bouts étant une condition essentielle de la facilité des comparaisons, surtout dans l'emploi des comparateurs automatiques, le Comité charge le Bureau international de recueillir des informations au sujet des étalons à bouts actuellement en usage, afin de lui

permettre de formuler des propositions, en vue de la réduction de ces étalons à un nombre de types aussi restreint que possible.

La proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT informe le Comité que M. le Ministre de la République Argentine à Paris a demandé à M. Guillaume de préparer un avant-projet de loi sur les Poids et Mesures. M. Foerster estime que la discussion d'un tel avant-projet n'entre pas dans la compétence et dans la mission du Comité, mais que cependant il pourrait être utile d'en faire figurer comme annexe, à titre personnel, au Volume des *Procès-Verbaux*, les dispositions essentielles. Il demande que la solution de cette question soit renvoyée à la prochaine séance.

M. DE BODOLA a lu avec attention l'exposé d'une haute valeur scientifique de M. Guillaume, mais il fait observer qu'il y a une certaine abondance de définitions et que l'une ou l'autre de celles-ci pourraient être précisées encore.

Après un échange d'observations entre MM. Guillaume, Gill, d'Arrillaga et Gautier, la question est renvoyée à la prochaine séance.

La prochaine séance est fixée au mercredi 31 mars, à 3<sup>h</sup> après midi.

La séance est levée à midi.



---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA QUATRIÈME SÉANCE,

Mercredi 31 mars 1909.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA, EGOROFF, FOERSTER, GAUTIER, GILL, VON LANG.

M. DARBOUX, empêché, a prié M. le Président de bien vouloir présenter ses excuses au Comité.

M. GUILLAUME, invité, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 3<sup>h</sup>.

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

M. le SECRÉTAIRE annonce que le bureau, en conformité de la décision prise par le Comité dans sa deuxième séance, a adressé à M<sup>me</sup> Mascart la lettre suivante :

MADAME,

Le Comité international des Poids et Mesures, après avoir entendu dans sa dernière séance le discours de commémoration prononcé par le Secrétaire, en hommage pour le souvenir du si profondément regretté Mascart, nous a chargés de vous exprimer toute la part qu'il prend à votre douleur. Mascart a été un de ces hommes qui savent toucher les cœurs de tous ceux qui les approchent. Par son esprit si large, il a pu rendre de grands services à sa patrie, tout en planant sur un horizon plus vaste, qui lui permettait d'envisager

les questions du point de vue le plus élevé. C'est pourquoi sa perte a été déplorée profondément non seulement en France, mais dans tous les pays qui ont le culte de la Science.

En remplissant ce devoir de haute estime et d'amitié, nous vous prions, Madame, d'agréer l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

La lettre suivante a été, d'autre part, envoyée à M<sup>me</sup> Becquerel (1) :

MADAME,

Dans sa séance d'hier, le Comité international des Poids et Mesures s'est associé à l'hommage rendu par son Secrétaire au souvenir de votre bien regretté mari, et nous a chargés de vous exprimer toute la part qu'il prend à votre deuil. Becquerel, sans avoir fait partie de notre Comité, a cependant coopéré à son œuvre, en dirigeant avec tant d'élévation les débats de la quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, comme Vice-Président de l'Académie des Sciences. La place tenue par H. Becquerel dans le progrès de l'humanité est si grande, que toutes les Institutions scientifiques lui doivent de la reconnaissance. C'est inspiré par ce sentiment, que le Comité international tient à vous exprimer sa profonde sympathie pour l'homme et sa haute admiration pour le grand savant, dont nous avons vivement ressenti l'irréparable perte.

En remplissant cette mission, nous vous prions, Madame, de bien vouloir agréer l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

*Le Secrétaire,*

P. BLASERNA.

*Le Président,*

W. FOERSTER.

M. le PRÉSIDENT demande à M. d'Arrillaga, Président de

---

(1) M<sup>me</sup> Mascart et M<sup>me</sup> Becquerel ont répondu par des lettres de remerciements qui sont parvenues au Président du Comité après la session et ont été versées aux archives.

la Commission des Comptes et des Finances, si celle-ci peut dès maintenant présenter son deuxième Rapport.

M. D'ARRILLAGA annonce que la Commission ne s'est pas seulement occupée des questions réglementaires, mais qu'elle s'est préoccupée des désirs manifestés dans la précédente séance du Comité, c'est-à-dire des moyens d'améliorer la situation du personnel scientifique du Bureau et de fixer une base invariable pour la contribution d'entrée. Il est heureux de pouvoir constater que, sur le premier point, la Commission a été unanime dans ses propositions.

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

#### Deuxième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.

La Commission approuve le Rapport financier de M. le Directeur dont toutes les parties sont, comme toujours, très claires et complètes; elle n'a donc que peu de mots à ajouter.

1. Dans les deux dernières sessions, le Comité a approuvé un crédit jusqu'à 5000<sup>fr</sup> pour le perfectionnement de la balance Rueprecht V. Ce perfectionnement n'est pas encore exécuté; la Commission propose donc de prolonger ultérieurement ledit crédit.

2. Conformément à une autre décision prise par le Comité, on a, dans les comptes de l'exercice 1907, reversé sur le Compte II les dépenses relatives à la nouvelle comparaison du Mètre aux longueurs d'ondes lumineuses. Ces frais, dont le total montait à 10261<sup>fr</sup>, 10, avaient été temporairement imputés sur le Compte III. (Voir *Procès-Verbaux de 1907*, p. 13.)

3. Quant à l'autorisation du Comité à étudier une transformation du comparateur géodésique en comparateur universel, il est seulement à remarquer que cette transformation est actuellement en voie d'exécution.

4. En ce qui concerne les budgets des frais annuels ordinaires pour les deux exercices de 1910 et 1911, la Commission, conformément à l'autorisation donnée dans la précédente séance du Comité,

soumet au vote de celui-ci le projet suivant, dont la différence essentielle avec le budget actuel est caractérisée par une amélioration des traitements pour le personnel scientifique du Bureau.

Dans le même but, la Commission propose que ce nouveau budget soit valable à partir du 1<sup>er</sup> juillet de l'année courante.

PROJET DE BUDGET POUR LES EXERCICES DE 1910 ET 1911.

A. *Personnel :*

1. Directeur.....	18 000	fr
2. Directeur adjoint.....	12 000	
3. Assistants.....	11 700	
4. Mécanicien.....	3 360	
5. Garçon de bureau.....	2 160	
6. Personnel auxiliaire pour les études thermométriques, etc., et indemnités pour services et travaux extraordinaires....	5 780	
	<hr/>	53 000 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 instruments.....	6 000
3. Frais d'atelier.....	800
4. Frais de laboratoire et achat de glace....	2 000
5. Frais de chauffage.....	3 000
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	2 000
7. Concession d'eau.....	150
8. Prime d'assurance.....	350
9. Frais de bureau.....	1 200
10. Bibliothèque.....	1 000
11. Frais d'impressions et de publications....	8 000
12. Frais de secrétariat.....	1 000
13. Frais divers et imprévus.....	4 500
14. Réserve.....	5 000

---

41 000

Total.....

---

100 000

Pour justifier les changements les plus essentiels contenus dans ce budget, la Commission des Finances, en plein accord avec la Commission des Travaux et Instruments, tient à exprimer sa conviction que l'amélioration de la situation de MM. Benoit et Guillaume est un acte entièrement justifié par l'activité et les mérites de nos éminents collaborateurs, et de même par des considérations d'ancienneté.

D'autre part, les économies complémentaires proposées sur d'autres chapitres du Budget paraissent aussi, à la Commission des Finances, pleinement justifiées par les résultats de l'administration actuelle; car la principale de ses économies, c'est-à-dire 3000<sup>fr</sup> sur le chapitre : Achat, etc. des instruments, est non seulement indiquée par le fait que, dans les deux exercices précédents (1907 et 1908), l'économie sur ce Chapitre a été en moyenne 4085<sup>fr</sup>, mais elle est encore justifiée par la possibilité d'avoir toujours recours pour ce genre de dépenses au Compte I (amélioration du matériel scientifique).

5. Finalement et aussi conformément à l'autorisation donnée dans la séance précédente du Comité, la Commission présente à la délibération du Comité ses propositions quant à la fixation des contributions d'entrée des États qui, désormais, adhéreraient à la Convention du Mètre.

A cet égard, la Commission estime utile d'établir premièrement le même principe qui est maintenant adopté pour la fixation des contributions annuelles des États contractants, c'est-à-dire que les contributions d'entrée seraient aussi limitées entre une valeur minimum et une valeur maximum.

Ensuite, pour le calcul général de ces contributions d'entrée, nous proposons de prendre comme base la contribution annuelle calculée, étant tenu compte du nouvel État désireux d'accéder à la Convention, en la multipliant par le facteur arrondi 6, qui correspond sensiblement au rapport de la somme totale versée jusqu'alors par les États déjà adhérents à titre de Frais d'établissement et de Subventions extraordinaires, à la somme totale des contributions annuelles.

D'après cette base, le maximum de la contribution d'entrée serait fixé à 6 fois 15000<sup>fr</sup> = 90000<sup>fr</sup> et le minimum à 6 fois 500<sup>fr</sup> = 3000<sup>fr</sup>.

*Le Rapporteur,*

A. ARNDTSEN.

*Le Président,*

F. DE P. ARRILLAGA.

M. GAUTIER tient à déclarer que la Commission des Instruments et des Travaux a été également unanime à appuyer la proposition d'amélioration, en faveur du personnel scientifique, faite par la Commission des Finances.

Le Rapport de M. Arndtsen, ainsi que les propositions qu'il contient, sont mis aux voix et adoptés à l'unanimité.

M. BENOÎT est vivement touché des paroles affectueuses, qui sont un nouveau témoignage de la grande bienveillance que le Comité a toujours manifestée envers lui-même et ses collaborateurs. En exprimant au Comité ses plus sincères remerciements, il peut assurer que tous continueront à se dévouer entièrement à l'œuvre qui leur est confiée.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Gautier, rapporteur de la Commission des Instruments et des Travaux, pour communiquer au Comité la deuxième partie de son Rapport.

M. GAUTIER s'exprime dans les termes suivants :

#### Rapport de la Commission des Instruments et Travaux.

##### (DEUXIÈME PARTIE.)

Au cours de la séance du 27 mars et dans une quatrième séance, tenue le 29 mars, la Commission a discuté un certain nombre de questions, qui sont résumées ci-après. Assistaient à cette séance du 29 mars tous les membres du Comité présents à Paris, et M. Guillaume, directeur adjoint du Bureau international.

IV. *Étalons à bouts.* — La Commission a entendu avec grand intérêt :

1° La communication de M. Benoît sur l'application de la méthode d'Airy à la détermination de la longueur des étalons à bouts (*voir* Rapport de M. Benoît, p. 41);

2° La lecture du Rapport préliminaire présenté par M. Guillaume sous le titre : *L'état actuel de la question des étalons à bouts.*

La Commission propose au Comité de faire une déclaration au sujet de l'adoption de la température à laquelle devraient être ajustés des étalons industriels. La rédaction de cette déclaration a été remise à une Commission spéciale, qui rapportera en séance du Comité.

V. *Traitements da personnel du Bureau.* — La Commission appuie auprès du Comité la proposition de la Commission des Finances de procéder à un relèvement général des traitements du personnel scientifique du Bureau.

Elle émet aussi le vœu que le personnel soit augmenté : 1° pour que le Bureau puisse faire plus facilement face aux travaux de vérification toujours plus nombreux qui lui sont demandés ; 2° et surtout, afin de décharger le personnel scientifique actuel, et spécialement le directeur et le directeur adjoint, de certains travaux très absorbants, mais d'ordre moins délicat, qui actuellement mettent trop leur temps à contribution.

VI. *Publications.* — Le *Tome XIV* contiendra, outre les trois Mémoires déjà imprimés, consacrés à l'importante question du *Volume du kilogramme d'eau*, le nouveau Mémoire de M. Chapuis, intitulé : *Étude de l'influence de l'air dissous sur la densité de l'eau*, puis le résumé et les conclusions rédigés par M. Benoît. Ce Volume sera distribué prochainement.

Le *Tome XV*, contenant le Mémoire de MM. Benoît, Fabry et Perot sur la comparaison du Mètre aux longueurs d'ondes lumineuses, puis le compte rendu des séances de la quatrième Conférence générale, et le travail de M. Guillaume sur *Les récents progrès du Système métrique*, déjà distribués en tirages à part, paraîtra peu après le Volume précédent.

La quatrième édition de la publication de MM. Benoît et Guillaume, *La mesure rapide des bases géodésiques*, a paru en 1908, et compte 228 pages. Une édition spéciale d'un extrait de cet Ouvrage, intitulé : *Abrégé des instructions pour l'emploi des fils dans la mesure des bases, Tables de corrections, et réductions au plan horizontal*, a été également tirée. La Commission propose au Comité qu'on établisse une nouvelle liste de distribution pour le travail de MM. Benoît et Guillaume, afin de tenir compte de son utilité spéciale.

La Commission propose aussi que la Note de M. Guillaume, *Les récents progrès du Système métrique depuis 1907*, qui a été présentée au Comité, soit publiée comme annexe aux *Procès-Verbaux* de la

présente session. Il en serait de même pour l'autre Note de M. Guillaume sur *L'état actuel de la question des étalons à bouts*, Rapport préliminaire présenté au Comité dans cette session. Des tirages à part de ces deux annexes seraient également distribués.

*Le Rapporteur,*

R. GAUTIER.

*Le Président,*

VON LANG.

Mis aux voix, le Rapport est adopté avec ses propositions, à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Benoît, rapporteur de la Commission spéciale, qui a été chargée de préparer une proposition concernant la question des températures d'ajustage des machines. Cette Commission était composée de M. Foerster, président, Benoît, rapporteur, Gautier, Gill et Guillaume.

M. BENOÎT donne lecture du texte suivant :

#### PROPOSITION

présentée au nom de la Commission spéciale.

La perfection dans le fonctionnement des mécanismes exige l'ajustage précis, à toutes les températures, variables souvent entre des limites éloignées, de tous les organes qui les constituent; d'où résulte, dans la plupart des cas, la nécessité impérieuse de l'emploi, dans une même machine, d'un métal unique ou de métaux d'une même classe, possédant des dilatabilités très voisines.

Si cette homogénéité de constitution est réalisée, le bon fonctionnement d'un mécanisme sera assuré à toutes les températures de l'usage, quelle que soit celle à laquelle les organes possèdent des dimensions égales à leurs valeurs nominales; tandis que, dans les ensembles hétérogènes, d'une constitution délicate, le fonctionnement deviendra plus ou moins défectueux, lorsque la température, supposée la même dans les diverses parties du mécanisme, s'éloignera sensiblement de celle à laquelle l'ajustage a été réalisé.

Il est d'ailleurs complètement illusoire, dans ce cas; de chercher une amélioration en donnant aux pièces du mécanisme leur valeur

nominale à une température dite *d'usage* plutôt qu'à toute autre; bien plus, l'idée que l'ajustage a été réalisé au voisinage des conditions ordinaires de fonctionnement peut créer une fausse sécurité <sup>(1)</sup>.

Le régime des températures voisines des températures dites *d'usage* est une ancienne phase, actuellement devenue insuffisante et même erronée, du développement graduel de la précision, eu égard aux difficultés causées par les dilatations thermiques.

Il est, en revanche, une condition absolument essentielle, pour l'uniformité complète de la fabrication mécanique : c'est que tous les éléments des machines soient ajustés sur des étalons possédant des rapports exprimés toujours par leurs valeurs nominales. Cette condition en entraîne deux autres : les étalons destinés à régler la fabrication industrielle doivent être construits en un métal ou en des métaux doués de la même dilatabilité; et leur température de définition (température à laquelle ils possèdent leur valeur nominale) doit être la même.

Parmi les diverses températures de définition proposées ou adoptées pour les étalons industriels, celle qui, en général, comporte la réalisation la plus précise est celle de la glace fondante; c'est aussi celle à laquelle les étalons scientifiques sont ajustés, de telle sorte qu'en l'adoptant également pour les étalons industriels, on constituerait un seul système de mesure pour la science et l'industrie; tandis que, si l'on choisissait pour les étalons industriels une autre température d'ajustage, on établirait deux systèmes de mesure distincts; ce qui ne serait pas sans inconvénient, à la fois pour la facilité de la détermination des étalons ou pour l'emploi ultérieur des machines dont ils auraient réglé la construction.

Les raisons ci-dessus indiquées ont déjà engagé le Bureau international des Poids et Mesures et un certain nombre d'Établissements nationaux à adopter la température de la glace fondante comme celle à laquelle les étalons d'acier destinés à l'industrie possèdent leur valeur nominale.

En conséquence, et afin de permettre la réalisation d'une unification que le développement de la précision dans l'industrie rend urgente pour l'uniformité de la construction mécanique dans tous

---

(1) Voir *Sur les dangers de l'introduction de températures normales secondaires dans la définition des unités métriques* (Procès-Verbaux, session de 1901, p. 137).

les pays, le Comité international des Poids et Mesures recommande instamment que la température de la glace fondante soit celle pour laquelle on ajuste désormais les étalons industriels le plus près possible de leur valeur nominale.

Toutefois, en faisant cette déclaration, le Comité ne voudrait pas faire naître l'impression qu'il regarde la température zéro du Système métrique comme une institution fondamentale de la Métrologie en général. Mais la recommandation d'adopter cette température pour les ajustages perfectionnés de l'industrie est essentiellement dictée par la conviction que sur cette base existe déjà la plus grande probabilité d'arriver à une homogénéité rationnelle désirable entre les procédés métrologiques de la science et de l'industrie.

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

M. le PRÉSIDENT demande de suspendre la séance, pour la visite réglementaire du caveau des Prototypes. Il informe le Comité que MM. Baudouin-Bugnet, Directeur du personnel, et Marcadet, Chef de Bureau, au Ministère du Commerce, avaient exprimé le désir d'assister à la visite. Il demande la permission au Comité de lui présenter M. Marcadet qui, seul, a pu venir, M. Baudouin-Bugnet se trouvant momentanément indisposé.

La séance est interrompue et la visite au caveau donne lieu au procès-verbal suivant :

#### PROCÈS-VERBAL.

Le 31 mars 1909, à 4<sup>h</sup> de l'après-midi, en présence des Membres du Comité international présents à la séance de ce jour, du personnel scientifique du Bureau international et de M. Marcadet, Chef de Bureau au Ministère du Commerce de la République française, 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 deuxième 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, dans ce dernier, la présence des prototypes métriques et de leurs témoins.

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

Thermomètre Tonnelot à mercure et alcool à maxima et minima :

Température actuelle.....	9°,6
» maxima.....	12°,4
» minima.....	9°,0

Thermomètre Tonnelot à mercure :

Température actuelle.....	9°,8
---------------------------	------

Hygromètre à cheveu..... 98 pour 100

On a constaté que la pression de l'air, dans le tube de laiton fermé contenant le témoin n° 13, était de 740<sup>mm</sup> inférieure à la pression atmosphérique de ce jour, c'est-à-dire qu'elle n'a pas sensiblement changé depuis que le témoin n° 13 a été réintégré dans le coffre-fort.

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

Les membres du Comité, présents à la séance, ont signé le Procès-Verbal.

A la reprise de la séance, M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Guillaume, pour résumer la deuxième partie de son Rapport sur les récents progrès du Système métrique.

M. GUILLAUME expose que la question du *Carat métrique* est entrée dans une phase exécutive. Le Gouvernement français, après avoir pris des renseignements auprès de tous les Gouvernements, a déjà présenté à la Chambre un projet de loi, auquel la Commission s'est déclarée favorable. Il y a donc tout lieu d'espérer que le Carat métrique

sera prochainement obligatoire en France. En Espagne, le décret légalisant le Carat métrique est déjà appliqué.

M. d'ARRILLAGA confirme ce renseignement.

M. EGOROFF annonce qu'en Russie la loi est déjà préparée, et il est à espérer qu'elle sera définitive dans quelques mois.

M. GUILLAUME ajoute qu'en ce qui concerne le Service géographique des Indes, on a décidé que la mesure des bases géodésiques sera exprimée en mètres. Quant à la définition des distances focales des systèmes optiques, la plupart des oculistes et opticiens des pays anglo-saxons ont déjà accepté le Système métrique, précédant ainsi les pays latins, dont quelques-uns ne se sont pas encore complètement dégagés des anciennes évaluations en pouces.

M. GAUTIER signale, à propos de la Communication de M. Guillaume, une résolution du deuxième Congrès de Géographie, réuni à Genève en juillet-août 1908. Cette résolution se rapporte à l'exécution d'une Carte du monde à l'échelle de  $\frac{1}{10000000}$ . Sur le préavis d'une Commission composée de MM. Penck (Berlin), major Close (Londres), W.-M. Davis (Cambridge, Mass.), Schrader (Paris) et général A. Schokalsky (Saint-Pétersbourg), le Congrès a voté une série de vœux dont quelques-uns intéressent le Système métrique :

1° Les méridiens seraient comptés à partir du méridien de Greenwich ;

2° Une échelle en kilomètres serait reportée sur chaque feuille. Une échelle additionnelle en milles pourrait y être facultativement ajoutée ;

3° Les altitudes au-dessus du niveau de la mer seraient cotées en mètres ; les hauteurs en pieds pourraient être ajoutées si on le désirait ;

4° Des courbes de niveau seraient tracées à l'équidis-

tance verticale de 200<sup>m</sup> à partir du niveau moyen de la mer; dans les pays très plats, des courbes additionnelles pourraient être ajoutées, pourvu que leurs intervalles fussent des fractions de 200<sup>m</sup>;

5° Les profondeurs des mers ou des lacs seraient indiquées par des courbes de niveau dont les intervalles verticaux seraient des multiples ou des fractions de 200<sup>m</sup>, etc.

**M. GUILLAUME** présente des tubes d'invar, de longueur de plusieurs mètres, comme preuve nouvelle de la facilité avec laquelle cet alliage se travaille maintenant. Il présente, en outre, un kilogramme construit en un alliage de chrome, de nickel et de manganèse, qui est inoxydable, presque amagnétique, très dur et susceptible de prendre un très beau poli. Ce sont des qualités qui le rapprochent beaucoup du platine iridié, sans en atteindre les hauts prix. La fabrication de cet alliage est déjà assez avancée pour qu'on puisse espérer posséder, dès cette année, des séries complètes de poids.

**M. le PRÉSIDENT** ayant annoncé que l'ordre du jour de la session est épuisé, **M. d'ARRILLAGA**, au nom de tous ses collègues, exprime ses respectueux remerciements à **M. le Président** et à **M. le Secrétaire** pour la manière si exquise avec laquelle ils ont une fois de plus dirigé les travaux de cette session.

**MM. FOERSTER** et **BLASERNA** remercient **M. d'Arrillaga** et ses collègues de ce nouveau témoignage de sympathie.

**M. GAUTIER**, en s'associant aux sentiments exprimés par **M. d'Arrillaga**, tient à remercier aussi une fois de plus **MM. les savants du Bureau** pour l'ensemble de leurs beaux travaux, et tout spécialement pour l'effort accompli en vue de la propagation du **Système métrique**.

**MM. BENOÎT** et **GUILLAUME** expriment encore une fois leurs remerciements.

Le Comité décide de tenir sa prochaine session au printemps de 1911, vers Pâques, tout en laissant à son bureau le soin d'en fixer la date exacte.

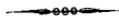
M. le PRÉSIDENT déclare close la session de 1909.

La séance est levée à 5<sup>h</sup>30<sup>m</sup>.

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

*Le Secrétaire,*  
P. BLASERNA.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.



... ..  
... ..  
... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

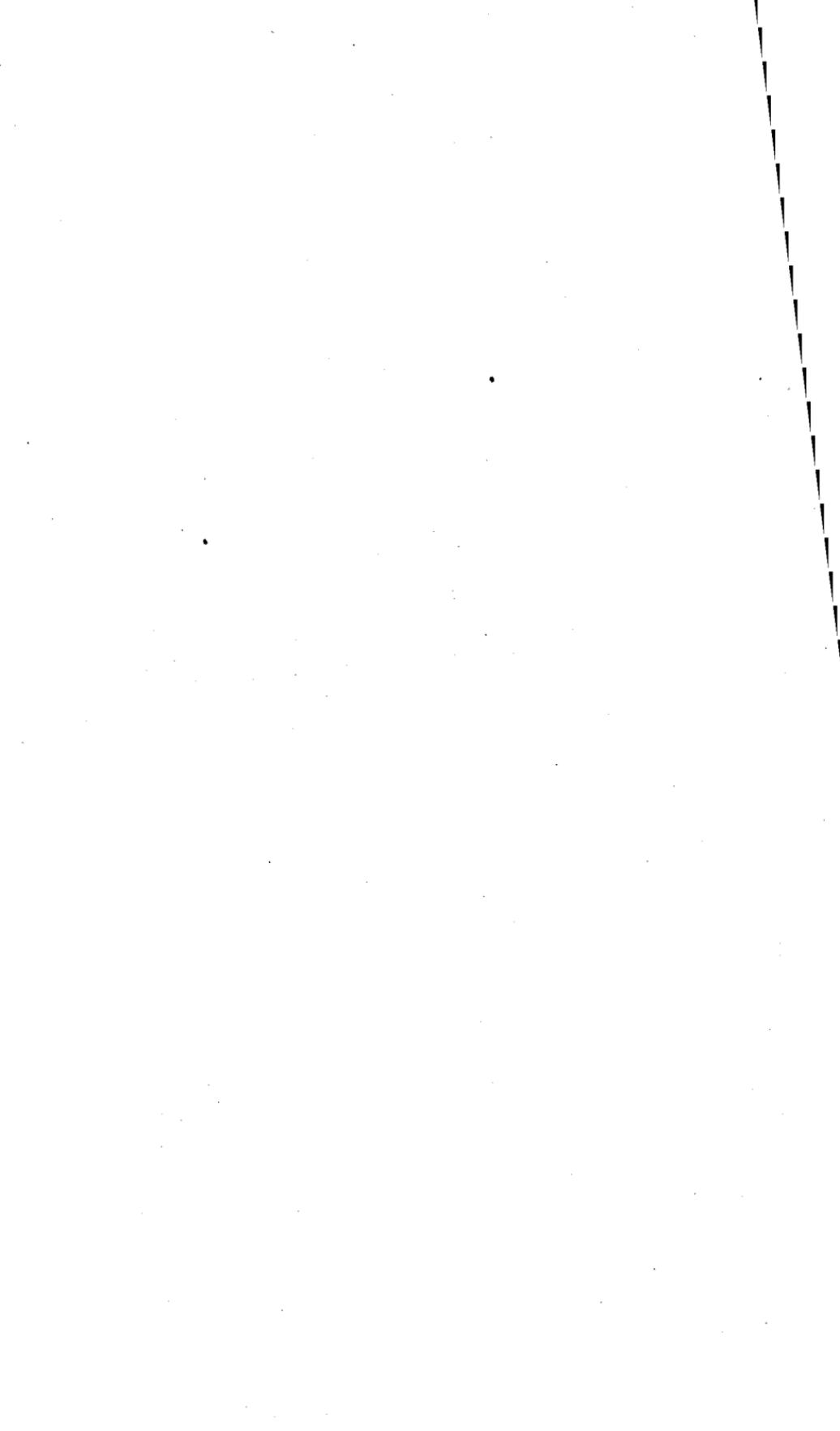
... ..

... ..

# ANNEXES

AUX

PROCÈS-VERBAUX DE 1909.



---

## ANNEXE I.

---

LES

# RÉCENTS PROGRÈS DU SYSTÈME MÉTRIQUE,

PAR CH.-ÉD. GUILLAUME.

---

Dans ce Rapport, qui forme un complément naturel à celui que j'ai eu l'honneur de présenter à la Quatrième Conférence générale des Poids et Mesures, je suivrai l'ordre adopté dans ce dernier; mais les deux premières Parties, concernant les étalons et les déterminations fondamentales, seront réduites à quelques brèves indications, les travaux dans ces deux directions ayant été peu nombreux dans les deux années écoulées.

### PREMIÈRE PARTIE.

#### ÉTALONS.

Outre les deux étalons principaux n° 26 et Type III, le Bureau international possède deux étalons d'usage, construits autrefois par les frères Brunner, et qui ont servi à de nombreuses comparaisons dans les premières années de fonctionnement du Bureau. Ces deux étalons, qui sont désignés sous les noms de Règle type I et Règle type II, ont une section rectangulaire de 10<sup>mm</sup> sur 20<sup>mm</sup>. Des entailles pratiquées aux extrémités mettent à découvert le plan des fibres neutres.

Le tracé de ces Règles a été fait sur poli mat; les traits sont très nets, mais beaucoup plus larges que dans les étalons de construction plus récente. L'équation de ces mètres est assez forte, voisine, pour tous les deux, de 80<sup>μ</sup>, de telle sorte que leur comparaison

avec les règles de platine à faible équation oblige à mesurer un assez large intervalle au moyen des micromètres.

Depuis que le Bureau est en possession des étalons n° 26 et T<sub>3</sub>, nous avons complètement renoncé à nous servir des Règles types anciennes, qui, par le fait, ne nous étaient plus d'aucun usage. Cependant, la grande valeur, à la fois commerciale et métrologique, du métal qui les constitue rendait très désirable leur utilisation.

Dans sa session de 1907, le Comité avait décidé, sur la proposition de M. Benoit, de les retracer avec toute la perfection qu'on sait atteindre aujourd'hui; mais, auparavant, on pouvait tirer encore d'intéressantes conclusions de leur comparaison avec nos deux étalons principaux.

J'ai procédé, en septembre dernier, à ces comparaisons. Pour étendre autant que possible les contrôles, j'ai comparé les Règles types au n° 26 à l'aide du comparateur Brunner, puis à T<sub>3</sub> à l'aide du comparateur à dilatation; en outre, les deux Règles types ont été comparées entre elles aux deux comparateurs, mais on n'a pas jugé nécessaire de fermer la série par la comparaison directe de 26 et T<sub>3</sub>, dont la parfaite permanence relative avait été surabondamment démontrée par des comparaisons très étendues faites dans ces dernières années.

Le Tableau suivant contient les résultats des nouvelles comparaisons, réduites à 0° :

1° Au comparateur Brunner :

$T_1 - [26] = + 74,80$	$\mu$ — 0,01
$T_2 - [26] = + 79,69$	+ 0,34
$T_2 - T_1 = + 4,45$	— 0,11

2° Au comparateur à dilatation :

$T_1 - T_3 = + 73,71$	$\mu$ — 0,10
$T_2 - T_3 = + 78,17$	— 0,20
$T_2 - T_1 = + 4,43$	— 0,13

En ajoutant à ces deux groupes d'équations les valeurs

$[26] = 1 + 0,80$	$\mu$ + 0,12
$T_3 = 1 + 1,53$	— 0,12

on trouve, par la résolution de tout le système,

$$\begin{aligned} T_1 &= 1 + 75,47^{\mu} \\ T_2 &= 1 + 80,02 \\ T_3 &= 1 + 1,65 \\ [26] &= 1 + 0,68 \end{aligned}$$

La compensation des résultats fait apparaître, pour les valeurs des Règles 26 et  $T_3$ , des divergences forcément égales et de signes contraires, et qui sont un peu supérieures au dixième de micron. L'écart ne saurait être attribué à une erreur dans l'équation relative admise pour nos deux étalons, et dont l'exactitude a été retrouvée récemment dans des limites beaucoup plus étroites. Quoique très faible en valeur absolue, elle dépasse un peu les erreurs qui ressortent de la compensation pour les observations faites à chacun des comparateurs ; il semble donc qu'on puisse l'attribuer, au moins en partie, à une petite différence dans la manière dont les traits des Règles types sont vus aux deux comparateurs, et qui tient à la nature des microscopes, au mode d'éclairage, etc.

L'intérêt des nouvelles comparaisons réside dans le rapprochement qu'on peut en faire avec les résultats des déterminations anciennes. A la suite des comparaisons très étendues que nous avons faites en 1894, nous avons rassemblé, M. Benoît et moi, dans un Mémoire consacré aux Règles du Bureau <sup>(1)</sup> les valeurs qu'on avait trouvées à diverses époques pour ces étalons. Les comparaisons qui, pour les Règles types, présentent le plus de garantie en valeur absolue, sont celles qui ont été faites en 1888 avec le Prototype provisoire  $I_2$ , à l'époque de ses comparaisons fondamentales avec le Prototype international, et celles que nous avons faites en 1894 avec l'étalon n° 26, peu après qu'il eut pris part à la dernière série de déterminations par rapport au Prototype international.

Les résultats de ces deux séries d'opérations sont les suivants :

	Type I.	Type II.
1888 d'après $I_2$ .....	$1^m + 75^{\mu}, 58$	$1^m + 80^{\mu}, 31$
1894 » [26]...	$1^m + 75^{\mu}, 45$	$1^m + 80^{\mu}, 22$

(<sup>1</sup>) J.-RENÉ BENOÎT et CH.-ÉD. GUILLAUME, *Nouvelles déterminations des Règles étalons du Bureau international*, p. 21 (*Trav. et Mém.*, t. XI).

Pour Type I, les nouvelles valeurs sont pratiquement identiques aux anciennes; pour Type II, elles en diffèrent d'une quantité très petite et certainement inférieure aux erreurs possibles des observations, puisque les valeurs qu'on déduit, pour cette règle, des dernières comparaisons avec 26 et avec  $T_3$  divergent d'une quantité supérieure à l'écart entre les anciennes valeurs et les nouvelles.

Cette concordance, aussi bonne qu'on pouvait l'espérer, pour des comparaisons faites avec des règles dont le tracé n'est pas irréprochable, attestent une fois de plus la parfaite conservation relative des étalons en platine iridié. Les Règles type I et type II, n'ayant servi à aucune comparaison depuis 1894, n'ont été soumises à aucune cause accidentelle de variation; elles confirment donc, à leur tour, la permanence de nos étalons principaux.

## DEUXIÈME PARTIE.

### DÉTERMINATIONS FONDAMENTALES.

*Volume du Kilogramme d'eau.* — Il suffira de transcrire ici le résultat donné dans le Rapport de M. Benoît, relativement à la valeur qu'il faut adopter définitivement pour le volume du Kilogramme d'eau. La revision des calculs et l'application de quelques petites corrections a modifié très légèrement quelques-uns des nombres qu'on avait d'abord admis et dont la moyenne, abrégée au chiffre du millionième, était la suivante :

*Volume du Kilogramme d'eau privée d'air à 4°  
et sous la pression atmosphérique normale :*

1,000 028 décimètre cube.

Le résultat moyen brut de toutes les déterminations est devenu 1,000 027 4. En l'arrondissant également au sixième chiffre décimal, on a donc

1,000 027 décimètre cube.

L'adoption de l'un ou l'autre des deux nombres ci-dessus est à peu près indifférente, puisque, malgré toutes les peines qui ont été prises pour assurer à cette détermination fondamentale toute la précision possible, le sixième chiffre décimal est resté incertain

d'une ou deux unités. D'ailleurs, ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer, lorsqu'on arrive dans ces limites de précision, les éléments de réduction introduisent dans le résultat une incertitude du même ordre que celui des expériences principales. Ainsi, en substituant, pour les réductions à la température du maximum de densité de l'eau, les Tables de MM. Thiesen, Scheel et Diesselhorst à celles de M. Chappuis, dont nous nous sommes servis, on obtient des résultats qui peuvent différer de 1 millionième de ceux que nous avons admis. Le taux de dissolution de l'air dans l'eau est aussi très difficile à apprécier exactement, et, dans toutes nos pesées hydrostatiques, nous avons été conduits, faute de pouvoir faire mieux, à apprécier, en nous fondant sur des analogies, le degré de saturation au moment de chaque expérience. L'erreur de notre réduction était certainement inférieure au millionième ; mais elle pouvait atteindre quelques dix-millionièmes, qui s'ajoutent à la très légère incertitude sur la variation de la densité de l'eau.

Pour toutes ces raisons, et tout en adoptant, pour le volume du Kilogramme d'eau, un nombre écrit jusqu'au millionième, on n'attachera pas d'importance au dernier chiffre, à une unité près.

La même incertitude dans les réductions affectera nécessairement toutes les expériences analogues ; elles tiennent à la nature même des choses, et touchent à la limite infranchissable dont les expériences récentes ont énormément rapproché ; il y a quinze ans, en effet, le volume du Kilogramme d'eau ne pouvait pas être fixé à 100<sup>mm<sup>3</sup></sup> près.

*Nouveaux témoins des unités de longueur.* — Dans sa dernière session, le Comité a décidé de créer de nouveaux témoins de l'unité de longueur, sous la forme de barreaux de quartz limités par des faces planes et parallèles, et dont on pourra déterminer la valeur en longueurs d'ondes lumineuses. Ainsi, à toute époque où l'on fera des comparaisons fondamentales entre les longueurs d'ondes et les étalons principaux du Système métrique, on pourra mesurer les étalons-témoins en quartz par les procédés interférentiels. On pourra ainsi établir une nouvelle série de relations qui permettront de découvrir si, dans le cours du temps, le mode de production des radiations monochromatiques est resté constant, ou si, dans le cas d'une divergence dans les valeurs absolues trouvées pour leur longueur d'onde, on devra en chercher la cause dans des variations dues au mode d'expérimentation employé.

Les témoins en quartz seront prochainement achevés. Il restera à les mesurer, ce qui exigera un travail très considérable et de longue durée; il était, néanmoins, intéressant de signaler, dès maintenant, cette institution de nouvelles garanties pour la conservation de l'unité métrique fondamentale.

## TROISIÈME PARTIE.

### LÉGISLATIONS.

Dans les deux années écoulées, plusieurs législations ont subi des modifications importantes; nous les passerons rapidement en revue, en y joignant l'analyse de la dernière loi des États-Unis du Mexique, antérieure à la réunion de la Quatrième Conférence, mais dont nous n'avons eu connaissance que plus tard.

#### Mexique.

Le Système métrique a été introduit au Mexique par une loi promulguée le 15 mars 1857, et dont l'article 1<sup>er</sup> est le suivant :

« On adopte, dans la République, le Système métrique français, sans autres modifications que celles qu'exigent les circonstances particulières au pays, dans l'ordre qui suit.

» Le Mètre, ou la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, sera l'unité des mesures linéaires ou de longueur, etc. »

Le dernier paragraphe définit la piastre mexicaine comme étant une « pièce d'argent du poids de dix grammes, avec neuf cents millièmes de fin ».

Un décret du 15 mars 1861 a fixé les conditions d'application de la loi; il prévoyait, à son article 1<sup>er</sup>, que le Système métrique deviendrait obligatoire, pour tous les actes officiels, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1862. Un décret du 2 août 1863 établit certaines dispositions pour la mesure des terres et pour l'évaluation des courants et chutes d'eau, tant pour leur débit que pour la puissance mécanique qu'ils fournissent.

Un décret du 20 décembre 1882, modifié par un autre du 14 décembre 1883, fixa au 1<sup>er</sup> janvier 1886 l'emploi obligatoire du Système métrique dans tous les actes officiels, dans le commerce, les

arts et l'industrie, et pour quelque négoce public ou privé que ce soit.

Sous le même régime, une série d'autres décrets organisèrent le Service des Poids et Mesures ou fixèrent certains détails de la frappe de la monnaie.

Les étalons internationaux ont été reconnus ultérieurement par la loi du 19 juin 1895. L'article 2 de cette loi définit, au paragraphe 2, le Kilogramme dans les termes suivants :

« L'unité de masse nommée Kilogramme sera égale en poids au poids du Kilogramme reconnu comme prototype international de masse. »

La loi du 19 juin 1895 a été, à son tour, remplacée par celle du 6 juin 1905, actuellement en vigueur.

Dans cette loi, dont la première section définit les unités de longueur, de masse et de temps, on a introduit, dans une deuxième section, la reconnaissance des étalons nationaux, qui n'était pas portée à la précédente loi. L'article 5 débute par ces mots :

« L'étalon national de masse est constitué par le Kilogramme prototype n° 21.... »

Ainsi, la définition du Kilogramme a été établie conformément aux décisions du Comité et aux sanctions de la Conférence.

La loi est accompagnée d'un règlement d'administration, dont le premier Chapitre contient un Tableau complet des unités légales, avec leurs symboles et abréviations. On peut y relever, à titre de nouveauté, le myriare (miriara), comme susceptible de désigner le kilomètre carré. Ce terme est certainement tout à fait logique.

L'unité de puissance est dérivée, comme dans la loi hongroise du 10 janvier 1907, à la fois du kilogramme-force et des unités électriques. Le kilogrammètre est la seule unité du premier système qui soit indiquée; et, comme unité de puissance, la loi mentionne le kilogrammètre par seconde. Il semble qu'on doive voir, dans cette limitation, une tendance heureuse à ne considérer le *cheval* que comme une unité tolérée, et non comme une unité légale.

Les autres Chapitres de l'ordonnance décrivent minutieusement les étalons et instruments de mesure autorisés, en même temps que l'organisation de la vérification. Une annexe contient les relations des anciennes unités mexicaines aux unités métriques de même nature.

### Danemark.

La date d'application de la loi du 4 mai 1907 avait été laissée indécidée après le vote des Chambres, qui avaient arrêté seulement le délai maximum de l'emploi facultatif et obligatoire après l'approbation royale. Ces dates ont été récemment fixées comme suit :

A partir du 1<sup>er</sup> avril 1910, le Système métrique sera appliqué dans toutes les transactions officielles ; il deviendra, en même temps, facultatif entre les particuliers. L'application obligatoire dans les transactions publiques aura lieu à partir du 1<sup>er</sup> avril 1912.

### Allemagne.

Le Système métrique, rendu facultatif dans la Confédération de l'Allemagne du Nord par une loi promulguée le 17 août 1868, est devenu obligatoire pour tout l'Empire en exécution de la loi du 26 novembre 1871.

Les étalons internationaux ont été reconnus par une loi du 26 avril 1893, dont l'article 1<sup>er</sup> était conçu en ces termes :

« Le Mètre et le Kilogramme sont les unités des dimensions et du poids.

» Le Mètre est l'unité de longueur. Il est représenté par la distance des traits terminaux tracés sur la règle sanctionnée par la Conférence générale internationale des Poids et Mesures comme prototype du Mètre, et qui est déposée au Bureau international des Poids et Mesures.

» Le Kilogramme est l'unité de poids. Il est représenté par la masse de la pièce reconnue par la Conférence générale internationale des Poids et Mesures comme prototype du Kilogramme, et qui est déposée au Bureau international des Poids et Mesures. »

Dans une nouvelle loi, promulguée le 30 mai 1908, cet article est remplacé par le suivant :

#### Article 1<sup>er</sup> :

« Les bases fondamentales des mesures et des poids sont le Mètre et le Kilogramme.

» Le Mètre est la distance des traits terminaux du Mètre prototype international à la température de la glace fondante.

» Le Kilogramme est la masse du Kilogramme prototype international ».

Les articles 2 et 4, qui définissent les prototypes nationaux, ne diffèrent pas essentiellement des articles correspondants de la précédente loi. Les articles suivants traitent de la vérification en général, des étalons et instruments autorisés, etc.

Au point de vue particulier qui nous intéresse, on remarquera la netteté parfaite de la définition actuelle de la nature du Kilogramme, laissée un peu indécise dans la rédaction antérieure.

### Suisse.

A l'époque de la Quatrième Conférence générale, le texte d'une loi nouvelle avait été déjà discuté par les Chambres fédérales, et son adoption paraissait prochaine. Depuis lors, la discussion a été reprise, et, comme la réunion d'une Conférence internationale des unités électriques était prévue dans un délai rapproché, on a suspendu l'examen du détail de la loi de manière à pouvoir tenir compte des accords internationaux qui résulteraient des travaux de cette Conférence. Aujourd'hui, le vote de la loi est imminent ; son texte diffère en quelques points de celui que M. Gautier a présenté à la Quatrième Conférence générale ; il est plus précis au sujet de l'étendue de l'obligation ; de plus, la définition des étalons nationaux, qui comprenait leur équation explicite, a été modifiée pour se rapprocher des stipulations de la loi hongroise qui renvoie, pour la valeur de ces étalons, aux documents émanés du Bureau international conformément aux sanctions de la Conférence.

La loi suisse prévoit le détail de l'organisation du Bureau des Poids et Mesures et fixe ses attributions, qui sont très étendues ; elle définit les unités électriques, mais ne s'occupe pas des unités du travail et de la puissance dérivées du kilogramme-force.

A la suite d'un échange de vues qui eut lieu au cours de la Conférence, M. Lardy, Ministre plénipotentiaire de la Confédération suisse, et M. Gautier, délégués de la Suisse, voulurent bien me demander une Note relative à certains points du projet qui semblaient pouvoir être utilement modifiés. Le nouveau texte a été établi en tenant compte de cette Note, transmise au Gouvernement fédéral avec le bienveillant appui de M. Lardy.

Il est intéressant de noter que le Carat métrique de 200<sup>me</sup> est mentionné à la suite des unités de masse.

### République Argentine.

Bien qu'aucune disposition légale ne soit venue modifier récemment la situation du Service des Poids et Mesures dans la République Argentine, il peut sembler utile de donner ici quelques détails au sujet d'une réforme, probablement très proche, de la loi du 13 juillet 1877, qui établit l'obligation d'emploi du Système métrique à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1887.

A la suite de la remise d'une Note que Son Excellence M. Ernesto Bosch, Ministre plénipotentiaire de la République Argentine, délégué à la Quatrième Conférence générale, avait bien voulu me demander, M. E. Garcia, officiellement chargé d'une mission en Europe, nous fit part, au cours d'une visite au Bureau, de l'intention du Gouvernement argentin d'entreprendre une réforme complète de la loi sur les Poids et Mesures, et de créer en même temps, à Buenos-Ayres, un Office central chargé du contrôle de premier ordre pour toute l'étendue de la République et de la surveillance des Bureaux provinciaux.

M. Garcia nous demandait aussi de préparer un projet de loi dans le sens des idées les plus modernes concernant les unités scientifiques, industrielles, ou commerciales. Ce projet a été remis à M. Bosch au commencement de cette année. Il a été établi en suivant le plan adopté dans la loi hongroise, mais en donnant, pour toutes les unités de la Mécanique, des définitions en quelque sorte autonomes et indépendantes de celles des unités électriques. La loi hongroise, la plus complète de celles qui ont été promulguées jusqu'à ce jour, admet en effet deux séries de définitions des unités dynamiques; les unes dérivent du kilogramme-force, les autres sont déduites de l'ampère et du volt, dont le produit est égal au watt, et qui sert à son tour à engendrer les autres unités de la puissance et du travail.

Bien qu'au point de vue pratique, cette façon de procéder ne présente aucun inconvénient; il semble qu'il y ait, au point de vue logique, un certain intérêt à adopter un plan un peu différent. Si, en effet, on définit, en même temps que le kilogramme-force, une unité plus rationnelle qui est la force communiquant à 1 kilogramme-masse une accélération de  $10 \text{ m} : \text{sec}^2$ , au lieu de  $9,80665 \text{ m} : \text{sec}^2$ , on peut développer parallèlement les deux systèmes d'unités dynamiques pour la force, la pression, le travail et la puissance, celui

des mécaniciens et celui des physiciens, et établir immédiatement leurs rapports, qui ressortent alors avec une clarté parfaite.

Le texte de cette loi viendra prochainement en discussion. Si, comme on peut l'espérer, le Gouvernement de la République Argentine en accepte les principes, il y aura lieu de faire connaître la rédaction qui aura été adoptée, de manière à arriver à une certaine uniformité dans les législations, en conformité avec les vues actuelles sur la définition de la force, du travail et de la puissance mécanique.

### Chine.

Bien que l'Empire chinois n'ait pas encore adopté le Système métrique, la probabilité de sa future introduction a fait un pas si considérable dans l'année écoulée, et présage pour l'avenir des progrès d'une si grande importance, qu'il est du plus haut intérêt de suivre avec attention les phases de la réforme qui s'accomplit en ce moment.

Un télégramme envoyé de Pékin, et dont le texte nous avait été aimablement communiqué par M. E. Johnson, Secrétaire honoraire de la Decimal Association, nous avait appris, la veille de l'ouverture de la Quatrième Conférence générale, que le Gouvernement chinois avait décidé de réformer ses poids et mesures. Peu après, Son Excellence M. Liou She-Shun, Ministre plénipotentiaire de l'Empire chinois à Paris, au cours d'une visite qu'il fit au Bureau en compagnie de M. Tang Tsai-Fou, premier Secrétaire de la Légation, s'enquit des conditions auxquelles le Bureau se chargerait de déterminer les valeurs des étalons des unités chinoises, afin de pouvoir les exprimer en unités métriques, en vue d'une réforme prochaine.

Des indications très circonstanciées sur l'organisation du Système métrique et sa situation actuelle dans le monde entier furent remises ultérieurement à la Légation de Chine, en même temps qu'une liste d'étalons et d'instruments de mesure était établie d'un commun accord, pour en assurer l'acquisition, au compte du Gouvernement chinois, suivant les instructions données à la Légation à Paris.

Notre action en était là lorsque, au mois de janvier 1908, nous eûmes communication d'une pétition, adressée en décembre 1907, par cent négociants anglais à Son Excellence le Ministre de Chine à Londres, et dont voici le texte intégral :

« Considérant qu'il est désirable, dans l'intérêt de la paix et de la bonne volonté entre les habitants de la Chine et les habitants du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, de maintenir les bonnes relations existant entre eux ;

» Considérant qu'il est désirable de conserver et d'étendre le commerce déjà considérable qui est établi entre les deux Pays pour leur avantage mutuel ;

» Considérant que les relations commerciales sont aujourd'hui basées principalement sur les unités anglaises des Poids et Mesures ;

» Considérant, ainsi que nous le comprenons, qu'il est dans les intentions de Sa Majesté l'Empereur de Chine, d'introduire l'uniformité des Poids et Mesures dans toute l'étendue de ses États dans une période rapprochée,

» Les signataires vous soumettent :

» *a.* Que la bonne volonté des peuples des deux Pays l'un envers l'autre serait renforcée ;

» *b.* Que leurs relations commerciales mutuelles seraient accrues ;

» *c.* Que l'harmonie et la concorde éprouveraient une augmentation générale ;

» Si les unités des Poids et Mesures, qui seront adoptées comme la base du système uniforme pour tout l'Empire chinois, étaient égales aux unités anglaises ou si elles en étaient des multiples ou sous-multiples sans fraction, et ils pensent que ces avantages seraient accrues par les raisons générales suivantes :

» 1° Les unités des Poids et Mesures actuellement en usage courant, dans les relations commerciales entre la Chine et la Grande-Bretagne, ont survécu comme les mieux adaptées aux besoins industriels ou commerciaux ;

» 2° Ces unités sont d'un usage presque universel dans le commerce international du monde ;

» 3° Leurs bases ont leur origine dans les désirs des consommateurs, et ces unités sont par conséquent les plus rationnelles ;

» 4° Il n'y a aucune relation immuable et uniforme entre ces unités, de telle sorte qu'il n'en existe pas d'inutiles ;

» 5° Les unités sont immédiatement et facilement appliquées soit par les classes instruites, soit par celles qui le sont moins ;

» 6° Les unités sont les plus pratiques pour les usages industriels ou commerciaux ;

» 7° La Chine, en légalisant formellement l'emploi de ces unités,

serait en conformité avec la pratique commerciale de ses meilleurs clients. »

Cette action énergique en faveur du Système britannique, dont l'adoption par l'Empire chinois aurait été considérée, par la grande majorité des nations civilisées, comme tout à fait regrettable, nous autorisait à présenter à Son Excellence le Ministre de Chine en France un exposé détaillé de la situation des principaux systèmes de mesures mieux en harmonie avec les faits.

Le résultat a été conforme à nos espérances, car une loi du 29 août 1908 a fixé comme suit les nouvelles unités du Système unifié de l'Empire chinois.

MESURES UNIFIÉES DE L'EMPIRE CHINOIS  
AVEC LEURS ÉQUIVALENTS MÉTRIQUES.

*Longueurs.*

		m
Hao.....	0,0001	0,000 032
Li.....	0,001	0,000 32
Fun.....	0,01	0,003 2
Tchen.....	0,1	0,032
Tchi.....	(unité)	0,32
Pou.....	5 tchis	1,60
Tehan.....	10 tchis	3,20
Li.....	360 pous	576,00

*Superficies.*

Hao.....	0,001	<sup>a</sup>	
Li.....	0,01	0,006 144	= 6 tchis <sup>2</sup>
Fun.....	0,1	0,061 44	= 60 tchis <sup>2</sup>
Mo.....	(unité)	0,614 4	= 6 tchans <sup>2</sup>
		6,144	= 60 tchans <sup>2</sup>

En outre :

Pou carré.	$\frac{1}{240}$	0,025 6	= 25 tchis <sup>2</sup>
------------	-----------------	---------	-------------------------

*Capacités.*

		l
Tso.....	0,001	0,0103
Ko.....	0,01	0,1035
Cheng.....	0,1	1,0355
To.....	(unité)	10,355
Ho.....	5 los	51,7734
Chi.....	10 los	103,55

<i>Masses.</i>		
Hao .....	0,0001	0,003 730 1 <sup>5</sup>
Li.....	0,001	0,037 301
Fun.....	0,01	0,373 01
Tsien.....	0,1	3,730 1
Lian.....	(unité)	37,301
King.....	16 lians	596,816

Ce nouveau système possède un certain nombre de particularités dont l'importance, au point de vue des réformes à venir, ne saurait être méconnue.

1° La valeur des nouvelles unités est donnée numériquement en fonction des unités métriques; en d'autres termes, les *étalons* du Système métrique deviennent ceux du Système chinois;

2° L'unité de longueur est dans un rapport simple avec le Mètre;

3° La structure du Système est presque entièrement décimale.

Ce troisième caractère montre que le Gouvernement chinois apprécie beaucoup plus la coordination et l'uniformité que la variété indiquée, par les signataires de la pétition reproduite ci-dessus, comme l'un des avantages du Système britannique.

Ultérieurement à la promulgation de la loi, la Légation de Chine à Paris nous a demandé d'établir des projets relatifs à la création d'un Bureau impérial des Poids et Mesures. Des étalons du nouveau système chinois seront bientôt envoyés à Pékin.

M. Tang Tsai-Fou a bien voulu nous donner le sens des documents officiels, émanés du Ministère du Commerce de Chine, et qui se rapportent à la réforme. Aux indications reproduites ci-dessus, j'ajouterai que l'un de ces documents est la traduction de mon Rapport sur le Système métrique, et que, dans celui qui se rapporte à la réforme de la loi, une proposition est déjà faite en vue de l'accession de l'Empire chinois à la Convention du Mètre.

## QUATRIÈME PARTIE.

### PROGRÈS GÉNÉRAUX.

#### *Accessions à la Convention du Mètre.*

Dans le courant de l'année 1908, le Chili et l'Uruguay ont déclaré leur accession à la Convention du Mètre. Ces deux adhésions, qui portent à vingt-quatre le nombre des États contractants, ont eu lieu à la suite des travaux déjà exécutés au Bureau pour l'étude des étalons géodésiques utilisés, dans le premier de ces pays, par la Commission de délimitation, dans le second pour le Service du Cadastre, dont les travaux se poursuivent actuellement sous la direction de M. le capitaine Gros, détaché du Service géographique de l'Armée française.

Des travaux actuellement en cours, pour la Commission du Chili, affirmeront davantage encore les services qu'elle peut attendre du Bureau.

#### *Le Carat métrique.*

A la suite de la communication adressée aux Gouvernements des États signataires de la Convention du Mètre, en même temps que le Comité leur faisait parvenir les Comptes rendus de la Quatrième Conférence générale, la Légation des États-Unis du Mexique à Paris a transmis au Bureau un mémorandum de la Commission des Poids et Mesures qui, tout en donnant sa pleine adhésion à la réforme, exprimait le désir qu'elle fût d'emblée plus complète, en ce sens qu'au lieu de donner au double décigramme le nom de *Carat métrique*, on employât les unités métriques pures et simples.

Les explications que nous avons fournies à la Commission des Poids et Mesures, par l'intermédiaire de la Légation du Mexique, et dans lesquelles nous avons fait valoir la nécessité d'une transition pour rallier simultanément au Système métrique le commerce des pierres précieuses de tous les pays, ont entraîné l'adhésion de la Commission à la forme proposée par la Conférence.

De son côté, le Gouvernement de la République française a pris, dès la fin de l'année 1907, l'initiative d'une consultation auprès des autres Gouvernements des États signataires de la Convention du Mètre afin de connaître leur sentiment sur la réforme.

Les réponses reçues ont été résumées dans les termes suivants, dans le numéro de mai-juin 1908 du *Bulletin des Poids et Mesures* :

» *Allemagne.* — Le Gouvernement allemand ne voit pas d'inconvénient à ce que la masse de 200<sup>ms</sup> soit désignée sous le nom de *Carat métrique*. En effet, depuis l'ordonnance du 17 août 1868, la valeur de l'unité de masse des pierres précieuses a été ramenée à une mesure correspondant aux unités métriques fondamentales.

» *République Argentine.* — Le Gouvernement argentin accueille favorablement, en principe, le vœu relatif à l'adoption du Carat métrique.

» *Autriche.* — Le Gouvernement n'a pu encore prendre de décision au sujet de l'adoption du Carat métrique, mais « envisage dès aujourd'hui la proposition avec une vraie sympathie ».

» *Belgique.* — Le Gouvernement est tout disposé à prendre les mesures d'exécution nécessaires, dès que les principaux États auront adhéré.

» *Danemark.* — Le Gouvernement danois est disposé à accéder à la proposition.

» *Espagne.* — Un ordre royal du 11 mars 1908 a prescrit l'adoption, en Espagne, du Carat métrique équivalant au poids de 200<sup>ms</sup> pour le commerce des diamants, perles fines et pierres précieuses.

» *États-Unis.* — Le Secrétaire du Commerce et du Travail est entièrement favorable à la réforme et convaincu qu'il sera d'accord, en cela, avec la majorité des intéressés aux États-Unis.

» Il ajoute que le délégué américain au Congrès de la Fédération germanique des joailliers, tenu en 1905, demande depuis plusieurs années l'adoption de cette unité.

» *Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande.* — Le Gouvernement a pris en sérieuse considération le vœu de la Conférence internationale des Poids et Mesures; mais, les commerçants intéressés étant défavorables à toute modification des usages en vigueur, il ne serait possible d'examiner à nouveau la question que si l'unité du Carat métrique était rendue légale dans les principaux pays européens.

» Le poids de 200<sup>ms</sup> constitue déjà d'ailleurs un étalon légal en Angleterre.

» *Hongrie.* — Le Gouvernement hongrois promet un accueil favorable aux projets du Gouvernement français relatifs à l'adoption générale du Carat métrique.

» *Italie.* — Le Gouvernement italien est de tous points favorable au projet, mais exprime le désir de connaître les mesures qui seraient éventuellement adoptées par la France, l'Allemagne, la Suisse, la Belgique et l'Angleterre, particulièrement en ce qui concerne la gradation des sous-multiples du Carat métrique.

» *Mexique.* — La Commission des Poids et Mesures des États-Unis du Mexique est en accord complet avec les intentions de la Conférence générale sur le fond même de la réforme du carat; mais il existe une légère divergence de vues sur le mode de procédure à employer dans cette réforme (1).

» *Pérou.* — Le Gouvernement péruvien est disposé à adopter le Carat métrique.

» *Portugal.* — Le Gouvernement portugais ne voit aucun inconvénient à adopter le Carat métrique.

» *Roumanie.* — Le Gouvernement roumain est prêt à accepter le Carat métrique de 200<sup>ms</sup>, et est décidé à présenter un projet de loi dans ce sens dès que les États adhérents à la Convention du Mètre auront pris une décision définitive à ce sujet.

» *Russie.* — Le Gouvernement a soumis la question à une Commission spéciale qui n'a pas encore fait connaître sa décision.

» *Serbie.* — Le Gouvernement serbe reconnaît l'utilité de la réforme et est disposé à y donner son consentement.

» *Suède.* — Le Gouvernement suédois n'a pas d'objection à présenter contre le vœu de la Quatrième Conférence générale des Poids et Mesures.

» *Suisse.* — Le Gouvernement fédéral a soumis le projet aux autorités compétentes, qui doivent donner prochainement leur avis. »

---

(1) Voir p. 135.

A la suite de cette consultation, le Gouvernement français a présenté aux Chambres, le 23 mai 1908, un projet de loi dont l'article unique est le suivant :

« Dans les transactions relatives aux diamants, perles fines et pierres précieuses, la dénomination de *Carat métrique* pourra, par dérogation à l'article 5 de la loi du 4 juillet 1837, être donnée au double décigramme.

» L'emploi du mot *carat* pour désigner tout autre poids demeure prohibé. »

M. le député L. Baudet vient de déposer son Rapport sur la loi nouvelle (1).

Les réponses adressées au Gouvernement français ne laissent aucun doute sur l'extension rapide de la réforme, déjà réalisée en Espagne par un décret du 11 mars 1908, et sur le point de l'être en Suisse à l'occasion de la révision de la loi sur les Poids et Mesures (p. 129 ci-dessus). Ultérieurement à la réponse donnée par le Gouvernement russe, une loi sanctionnant le nouveau carat a été mise à l'étude (2).

#### *Progrès divers. — Propagande.*

*Indes orientales.* — Au cours d'une visite que M. le capitaine Turner, attaché au Service géodésique des Indes, fit au Bureau en octobre 1906, la question de l'adoption du Système métrique par ce Service fut longuement discutée, en vue des mesures de bases, dont il était venu apprendre la technique nouvelle sous notre direction. Ultérieurement, M. le colonel Burrard, directeur du Service géodésique des Indes, s'enquit auprès de Sir D. Gill, de Sir G. Darwin et de M. le professeur Backlund, des avantages de cette adoption, à laquelle ces savants éminents donnèrent un chaleureux appui.

Aujourd'hui, l'application des unités métriques à la mesure des bases est décidée (3); et l'accomplissement de cette réforme sera

---

(1) La loi a été adoptée par la Chambre des Députés de la République française postérieurement à la session du Comité international; elle est actuellement soumise au vote du Sénat.

(2) Voir p. 115 ci-dessus.

(3) *Annual Report of the Board of Scientific advice for India, for the year 1906-1907*, p. 40 (Calcutta, 1908).

facilitée par la détermination faite au Bureau de la valeur de la règle en fer, construite par Troughton et Simms, et qui a servi depuis 1832 comme étalon principal dans tous les travaux géodésiques de la péninsule hindoue.

Nous avons également étudié, pour le même Service, une importante série de fils, qui ont été envoyés dans l'Inde à la fin de l'année dernière.

Grâce à l'adoption des mesures métriques pour la géodésie de l'Inde, la liaison avec les pays voisins, c'est-à-dire à la Russie d'Asie d'un côté, et de l'autre par la Birmanie au Siam et à l'Indo-Chine française, sera grandement facilitée. La relation 25 tchis = 8 mètres donnera, du côté de la Chine, un équivalent très simple.

*Commission électrotechnique internationale.* — A la suite du Congrès des électriciens tenu à Saint-Louis en 1904, il a été constitué une Commission électrotechnique internationale chargée de l'unification des dimensions des éléments de machines et des méthodes d'essai, ainsi que des spécifications pour les machines et appareils employés dans la technique électrique.

Les deux premiers présidents de cette Commission ont été Lord Kelvin et M. Mascart ; son président actuel est M. Elihu Thomson.

Le programme de travail de la Commission, dont le premier projet avait été rédigé par M. le colonel Crompton, ne contenait aucune indication relative au système de mesures à employer dans ses travaux.

A la suite d'une proposition de la Commission française, provoquée par une lettre que j'avais écrite à son Président, la question est venue en discussion au sein de la Conférence réunie à Londres en octobre dernier, et la résolution suivante a été prise :

« La Commission électrotechnique internationale emploiera, dans ses travaux, le Système métrique ou le système C. G. S. Pour les besoins des pays qui n'emploient pas le Système métrique, les Comités électrotechniques pourront ajouter les valeurs équivalentes entre parenthèses. »

*Filetages métriques.* — Une ordonnance de M. le Ministre de la Guerre de la République française, en date du 29 novembre 1908, consacre l'adoption du système international des filetages dans toutes les fabrications de l'artillerie.

*Expositions.* — À l'occasion de l'Exposition franco-britannique qui eut lieu à Londres dans le courant de l'année dernière, le Ministère du Commerce de la République française a réuni, dans un pavillon particulier, des spécimens des étalons et instruments de mesure du Système métrique. En même temps, une plaquette résumant les principes du Système métrique, avec quelques exemples de son application, a été abondamment distribuée aux visiteurs de l'Exposition. En prenant cette initiative, le Gouvernement français a tenu à affirmer l'intérêt qu'il n'a cessé de témoigner à la réforme métrique en lui donnant, à toute occasion, tout l'appui possible.

*Propagande antimétrique.* — Ce Rapport serait incomplet si, à côté des progrès du Système métrique et des actions engagées pour en assurer la continuation, on n'y mentionnait celles qui ont pour but d'en entraver l'expansion ; les plus systématiques émanent d'une Association dont le siège est à Manchester, et qui, sous le titre de *British Weights and Measures Association*, s'est donné pour tâche de « défendre et, si possible, de perfectionner le Système actuel des Poids et Mesures britanniques ».

Le dernier *Bulletin* de cette Association débute par la déclaration suivante : « Il devient de plus en plus certain, à mesure que le temps passe, que l'Association britannique des Poids et Mesures n'a pas été fondée un jour trop tôt. »

Le programme de la nouvelle Association montre qu'elle ne prétend pas conserver, d'une façon intransigeante, le Système britannique des Poids et Mesures dans sa forme actuelle. Elle convient qu'il est susceptible de quelques perfectionnements, au sujet desquels diverses propositions se sont déjà fait jour. Le *Bulletin* de janvier 1909 contient en particulier un article de M. Immo-S. Allen, dans lequel un certain nombre de simplifications sont indiquées comme possibles et désirables. Ainsi, au lieu des relations

$$1 \text{ Mile} = 5280 \text{ feet,}$$

$$1 \text{ Acre} = 43\,560 \text{ feet}^2,$$

on aurait

$$1 \text{ Mile} = 5000 \text{ feet,}$$

$$1 \text{ Acre} = 40\,000 \text{ feet}^2.$$

Il faut remarquer toutefois que ni le *Mile* ni l'*Acre* ne seraient alors exprimables d'une façon simple en fonction du Yard, qui est

plus que le pied l'unité des grandes longueurs ou des surfaces étendues.

Pour les masses, l'auteur propose de diviser le *pound* en 12 onces, au lieu des 16 onces actuelles; mais, pour simplifier les relations entre les capacités et les masses, il émet l'idée de réduire de 3 pour 1000 environ la livre avoirdupois, de manière à rendre exacte la relation

Masse de  $\frac{1}{50}$  de pied cube d'eau = une livre un quart.'

En même temps, on créerait le quintal de 100 livres au lieu du hundredweight de 112 livres, et la tonne de 20 quintaux ou 2000 livres au lieu de 2240 livres. Comme le gallon continuerait à représenter le volume de 10 livres d'eau, la tonne correspondrait à 200 gallons.

Et enfin, la plus pratique des relations tirées de ce système serait la suivante :

8 pieds cubes = 50 gallons.

N'oublions pas que, pour établir cet équivalent, dont la simplicité est loin d'être idéale, il faudrait commencer par changer la livre d'une quantité assez grande pour obliger à réajuster tous les poids du commerce; la perturbation ne serait donc pas de beaucoup inférieure à celle qu'entraînerait l'adoption du Système métrique.

La tentative de M. Allen montre, après beaucoup d'autres, que les partisans les plus convaincus du Système britannique sont conscients de ses défauts et s'attachent à les corriger; toutes les modifications proposées ont eu pour objet d'établir, entre les unités britanniques, des relations qui rappellent de loin celles auxquelles le Système métrique doit toute la beauté de son organisation et toute sa valeur pratique. Ils le reconnaissent de façon si évidente que la nouvelle livre proposée par M. Allen est désignée par lui sous le nom de *Metric Pound*.

Le plan des modifications projetées est, aussi bien que le nom choisi, un hommage rendu au Système métrique. Une semblable tendance est elle-même d'un bon augure pour l'avenir; reconnaître la fécondité d'un principe, c'est être prêt à s'y rallier dès qu'on aura su vaincre l'inertie qui en tient encore éloigné.

---

## ANNEXE II.

### L'ÉTAT ACTUEL

DE LA

### QUESTION DES ÉTALONS A BOUTS.

Rapport préliminaire,

Par Ch.-Éd. GUILLAUME.

---

#### *Étalons à traits et étalons à bouts.*

Les unités de longueur étaient presque toutes représentées autrefois par des étalons à bouts. La toise du Pérou, le mètre des Archives, la toise de Bessel, la double toise de Poulkovo, la sagène normale et la plupart des étalons géodésiques construits dans la première moitié du xix<sup>e</sup> siècle étaient des règles à bouts. Les quatre règles de Borda, construites pour les travaux géodésiques entrepris en vue de l'établissement du Mètre, constituaient cependant un système mixte, dans lequel le principe du contact dominait, mais où une échelle divisée, glissant dans une coulisse, intervenait comme auxiliaire.

L'indécision a régné longtemps au sujet des mérites respectifs des deux systèmes. Bessel, par exemple, resta toujours attaché aux étalons à bouts, en faveur desquels il faisait valoir, entre autres avantages, le fait qu'ils permettent de prendre contact dans le plan des fibres neutres, alors que la valeur d'un étalon à traits tracé sur sa surface supérieure dépend, bien au delà des erreurs auxquelles conduisent de bonnes observations, de la manière dont il est supporté.

Cette objection aux règles à traits perdit de son importance lorsqu'à la suite des travaux de la Commission anglaise pour la re-

constitution de l'étalon du Yard, on commença à construire des étalons dans lesquels le plan des fibres neutres était atteint, à l'endroit des traits terminaux, au moyen d'un puits coupant la barre sur la moitié de son épaisseur. Et, lorsque la proposition faite par Tresca, au cours des travaux de la Commission du Mètre de 1872, de mettre à découvert dans toute sa longueur le plan des fibres neutres, eut amené aux règles en X ou en II, l'étalon à traits acheva d'affirmer sa supériorité sur l'étalon à bouts, au moins pour les mesures scientifiques.

Les avantages des étalons à traits pour les multiples usages de la Science sont évidents : ils conduisent à l'emploi d'une technique uniforme et parfaitement connue pour les comparaisons, technique permettant d'effectuer des opérations sur des règles immergées dans un liquide, et d'opérer sans aucun contact matériel avec l'élément de la règle qui constitue le repère proprement dit ; ils peuvent être subdivisés, et leurs divers intervalles sont directement comparables à la longueur de la règle entière ; une seule règle divisée peut donc servir à déterminer un grand nombre d'intervalles ; ainsi une règle de 1<sup>m</sup>, portant des traits millimétriques, fournit 1000 étalons, alors que, pour arriver au même résultat avec des règles à bouts, il faut, à moins que l'on ne puisse admettre des superpositions, c'est-à-dire la constitution de certaines longueurs par l'addition de plusieurs étalons mis bout à bout, 1000 pièces différentes, progressant de millimètre en millimètre.

Cette dernière considération, il est vrai, dont on ne peut méconnaître l'importance s'il s'agit d'étalons d'usage, n'intervient pas dans le cas d'étalons fondamentaux ; ces étalons servent à fixer une valeur unique, celle du Mètre, par exemple, et ses subdivisions sont données par d'autres étalons. Le premier avantage reste donc isolé, et il n'était pas encore assez généralement reconnu, à l'époque des travaux de la Commission du Mètre, pour qu'on pût rejeter délibérément la construction d'étalons à bouts de premier ordre. On se borna donc à les placer dès le début au second rang, et à considérer les règles à traits, semblables au futur prototype international, comme ses copies principales destinées à représenter sa valeur dans tous les pays.

Les difficultés accompagnant la comparaison des étalons à bouts aux étalons à traits, lorsqu'on veut réaliser un haut degré de précision, apparurent dès qu'on voulut entreprendre la détermination du prototype provisoire par rapport à l'étalon des Archives de

France; et, dans les déterminations de beaucoup postérieures des cinq Mètres à bouts en platine iridié destinés aux Gouvernements qui en avaient décidé l'acquisition, en même temps que du Mètre appartenant au Bureau international, les causes de ces difficultés et des erreurs qui en résultent furent examinées avec plus de détail encore.

Je reviendrai dans un instant sur les diverses méthodes qui peuvent servir à déterminer les étalons à bouts. Il suffira de rappeler ici que l'étude des six règles dont il vient d'être question nous a enseigné un certain nombre de faits dont les travaux ultérieurs du Bureau ont largement bénéficié.

Cette étude marque le terme des travaux exécutés sur des règles à bouts de haute précision, rattachés aux idées anciennes concernant la forme et le rôle de semblables étalons. Mais, à l'époque où nous achevions ce travail, il se produisait un double mouvement, à la fois scientifique et industriel, qui devait ramener l'attention vers la détermination des étalons à bouts.

D'une part, en effet, le projet, élaboré par Macé de Lépinay, de déterminer les longueurs des ondes lumineuses en partant du volume de pièces cubiques faites en une substance transparente, subissait, à la suite de la détermination des longueurs d'ondes par MM. Michelson et Benoit, un retournement conduisant à effectuer, par des procédés interférentiels, la détermination précise d'étalons définis par la distance des surfaces planes qui les limitent; d'autre part, la fabrication de pièces mécaniques interchangeables nécessitait le réglage très exact des outils, par l'emploi d'étalons industriels de précision.

Tandis que, dans le domaine scientifique, on pouvait concevoir l'établissement d'étalons-témoins, déterminés par des méthodes d'une précision extrême, les nécessités de la construction mécanique imposaient aux métrologistes l'étude de problèmes nouveaux, liés aux procédés modernes de construction des machines.

La différence entre l'ancienne et la nouvelle méthode de construction est d'une extrême importance. Autrefois, en effet, on faisait suivre, dans un atelier, les pièces destinées à être rassemblées, et chaque pièce nouvelle était ajustée sur les précédentes. Aujourd'hui, au contraire, chaque outil est réglé de manière à livrer des pièces parfaitement ajustées, de telle sorte que l'assemblage puisse se faire ensuite sans aucune retouche.

Une semblable organisation du travail, pour lequel l'emploi d'étalons précis est une impérieuse nécessité, est évidemment la seule économique lorsque les objets fabriqués sont en grand nombre; elle est également imposée lorsque les pièces sont de grandes dimensions et difficilement transportables, de telle sorte qu'on ne puisse les présenter l'une à l'autre qu'à l'aide d'appareils de levage.

Cette conviction se fit jour à peu près simultanément dans tous les grands pays industriels; et l'on a vu, dans la dernière décade du siècle écoulé, surgir des tentatives diverses en vue de l'établissement d'étalons de précision, exactement rapportés aux unités fondamentales en usage dans la Mécanique : le Mètre et le Yard.

Le Bureau international s'est associé, dès le début, à une de ces tentatives, qui est devenue très fructueuse dans la suite. Les travaux engagés, dès l'année 1895, par la Section technique de l'Artillerie de l'Armée française, et auxquels le Bureau a coopéré, ont conduit en effet à la construction et à la détermination d'étalons d'une forme très pratique, dont les copies ont été largement répandues, et qui ont permis d'importantes unifications dont il sera question dans la suite de ce Rapport.

#### *Usages des étalons à bouts; leur température de définition.*

Un étalon doit être constitué de telle sorte qu'il permette de lui rapporter, avec le moins d'intermédiaires possibles, la quantité à mesurer. Cette condition est évidemment réalisée le plus complètement lorsque l'étalon est de la même nature que l'objet dont on veut connaître les dimensions, de telle sorte qu'on puisse appliquer à tous les deux exactement le même procédé de mesure.

Or, dans l'immense majorité des applications industrielles de la mesure, auxquelles cette étude sera consacrée, le problème consiste à donner à une pièce de métal des dimensions prescrites entre les deux surfaces qui la limitent. La mesure nécessaire pour déterminer la distance de ces surfaces est de la même nature que le repérage sur un étalon à bouts, qui devient ainsi l'étalon naturel pour les ateliers et les usines.

Un tel étalon est utilisé essentiellement pour vérifier l'instrument de mesure dont on se sert, et dans la construction duquel il est beaucoup plus difficile d'éviter les erreurs que dans l'ajustage d'un étalon, opération simple dans sa nature, sinon très facile lorsqu'on veut atteindre une précision élevée.

Mais il est une condition particulière de l'emploi des étalons industriels, qui les différencie profondément des étalons scientifiques. Tandis qu'on rapporte à ces derniers une longueur donnée à l'avance, et dont on veut connaître la valeur numérique dans des conditions déterminées de température, on cherche, dans l'emploi d'un étalon industriel, à régler sur sa longueur celle d'une pièce faisant partie d'un ensemble dans lequel toutes les dimensions sont prescrites de manière à concourir à une fonction mécanique déterminée.

Dans les mesures scientifiques, la connaissance d'une valeur numérique est le plus souvent un but; dans la construction industrielle au contraire, elle n'est, en général, que le moyen d'assurer la perfection d'une fonction. Partant d'un plan coté, on donne à chacune des pièces qui y sont figurées les dimensions inscrites, mais uniquement en vue du rôle qu'elle aura à remplir dans l'ensemble.

Un grand nombre de machines de construction moderne exigent, pour la sécurité de leur fonctionnement, une si grande perfection dans l'ajustage de leurs divers organes, que les cotes inscrites doivent être réalisées avec une précision élevée.

On remarquera toutefois que les dimensions des pièces ne peuvent correspondre à ces cotes qu'à une température unique, qu'on pourrait nommer la *température de définition* de la machine, en fonction de l'unité choisie.

Cette inévitable indétermination dans les dimensions vraies des pièces d'un mécanisme est, en général, sans grande importance si l'on considère une machine isolée. On n'exige, le plus souvent, rien d'autre d'une machine que de fonctionner parfaitement à toutes les températures auxquelles elle est exposée, quelles que puissent être d'ailleurs les dimensions absolues de ses organes. Celles-ci n'interviendront que si l'on fait servir la machine à la construction de pièces de dimensions prescrites à une température déterminée, ou lorsqu'on voudra la fixer sur un massif, opération pour laquelle il faut, pour des raisons évidentes, conserver un peu de marge.

En revanche, deux conditions sont essentielles : d'une part, il faut, dans les machines délicates, que les dimensions relatives des pièces se conservent à toutes les températures, ce qui entraîne la nécessité de leur égalité de dilatation; d'autre part, il faut assurer l'uniformité des fabrications entreprises au moyen de machines de diverses provenances, fonctionnant dans le même atelier ou dans des ateliers différents.

La première condition est réalisée industriellement grâce à

l'emploi presque exclusif de l'acier ou des métaux similaires pour la construction de la plupart des organes des machines; pour la seconde, il est nécessaire qu'une échelle unique soit appliquée à toute la construction; ce qui entraîne l'adoption d'une seule température de définition des machines, et, par conséquent, des étalons en fonction desquels elles sont repérées. Grâce à une entente sur cette température, tous les organes de machines établis aux mêmes cotes nominales deviendraient interchangeables, et toutes les pièces fabriquées en un même métal, quelle que soit la température au moment de leur ajustage, seraient rapportées à une même échelle.

Une telle unification, qui donnera seule à la tendance moderne de la fabrication en série de pièces interchangeables toute sa valeur économique, ne peut être réalisée que si l'industrie est dotée d'une échelle unique d'étalons de même métal, possédant la même température de définition. Les industriels utilisant ces étalons pourraient, à la rigueur, ignorer cette température; si elle était acceptée par tous les établissements chargés de leur contrôle, l'unification serait obtenue de façon pour ainsi dire automatique.

C'est donc, en dernier ressort, sur l'adoption d'une température de définition des étalons industriels que reposera toute l'unification de la construction; et il est d'autant plus urgent de prendre une décision à ce sujet que, sur cette question, deux courants d'opinion se sont déjà formés.

Pour certains ingénieurs, en effet, les machines doivent avoir leur valeur nominale aux températures usuelles; ils ajustent alors les étalons à une température comprise entre 15° et 20°. Pour d'autres, cette condition est indifférente, et ils sont prêts à accepter la température de définition qui permettra le plus facilement un ajustage exact et une entente générale.

Ces divergences de vues sont celles qui s'étaient fait jour déjà dans l'établissement des divers systèmes de mesures. Leurs étalons étaient définis autrefois à une température usuelle, 13° Réaumur ou 62° Fahrenheit. En adoptant la température de 0° pour la définition du Mètre, la Commission des Poids et Mesures a voulu sortir d'une incertitude qui était considérable à l'époque de ses travaux, et n'a été réduite à une quantité négligeable qu'à la suite des recherches thermométriques exécutées depuis un quart de siècle environ.

Bien que la température de la glace fondante ne soit pas comprise dans la région des plus usuelles, on n'a trouvé jusqu'ici aucun inconvénient au choix auquel la Commission s'était arrêtée, tandis

qu'on a évité les indécisions qui affectent la valeur des étalons rapportés à une autre température, en raison du défaut de connaissance des procédés employés pour la mesurer, aux époques où ces divers étalons ont été construits.

La mesure des températures étant aujourd'hui facile au degré de précision des opérations industrielles, l'adoption d'une température usuelle de définition des étalons destinés à la construction mécanique ne présenterait, en elle-même, aucun inconvénient majeur. Mais il existe de bonnes raisons de préférer, pour les étalons métriques, la température même de définition du Mètre.

Les étalons scientifiques étant tous définis de telle sorte qu'ils possèdent leur valeur nominale au voisinage de  $0^{\circ}$ , on créerait, en adoptant une autre température de définition des étalons industriels, une sorte de scission dans les deux séries d'étalons métriques, ce qui pourrait entraîner d'assez sérieux inconvénients. Laisant de côté les conflits nombreux qui ne manqueraient pas de se produire, et dont il est impossible de prévoir l'importance, on peut dire dès maintenant que les différences assez notables qui résulteraient, pour les étalons de grande longueur, des deux températures de définition, entraîneraient, dans la détermination même des étalons industriels, des difficultés et des incertitudes notables.

Un autre avantage de l'adoption de la température de la glace fondante résulte de l'imprécision de la définition d'une *température usuelle*. Depuis  $15^{\circ}$  jusqu'à  $20^{\circ}$ , toutes les températures peuvent être proposées et ont été effectivement admises par les divers constructeurs qui ont entrepris la construction d'étalons industriels; et, jusqu'ici, aucune préférence ne s'est manifestée, soit parmi une majorité d'industriels, soit parmi les Comités techniques, pour l'une ou l'autre de ces températures. En d'autres termes, sur les températures usuelles, le consentement devrait être obtenu sur une proposition non encore formulée, alors que, pour la température de la glace fondante, l'accord général existe au sujet d'un grand nombre de définitions.

L'inconvénient du choix d'une nouvelle température de définition des étalons métriques apparaît plus sérieux encore si l'on envisage les conséquences de la coexistence des deux systèmes de mesures en fonction desquels est établie aujourd'hui toute la fabrication des machines. Si l'on s'écarte des températures respectives de définition du Mètre et du Yard, les rapports numériques entre ces unités ne sont plus respectés, et il peut en résulter de graves confusions. Il

suffirait, assurément, de changer les rapports numériques de manière à rétablir la concordance; mais on ne pourrait y parvenir qu'en tenant compte de la dilatation vraie des étalons de chaque système, d'où résulterait une grande complication dans l'établissement et dans l'emploi des équivalents.

C'est pour cet ensemble de raisons que la Section technique de l'Artillerie de l'Armée française a décidé, d'accord avec le Bureau international, de prendre la température de la glace fondante pour définir les étalons à bouts établis par ses soins, de telle sorte que toutes les fabrications qui en dépendent fussent aussi rapportées à cette température.

La diffusion considérable qui a été donnée à ces étalons, soit pour leur emploi direct dans la construction mécanique, soit grâce au fait que des étalons semblables, étudiés au Bureau international, ont été acquis par les Établissements de contrôle de divers pays, a déjà créé une unification partielle sur la valeur nominale de  $0^{\circ}$ , et l'on peut affirmer que c'est à cette température que sont rapportés aujourd'hui le plus grand nombre d'étalons vérifiés officiellement avec précision.

Nous avons vu, au surplus, qu'il ne peut résulter, pour l'industrie, aucun inconvénient majeur du fait que les organes des machines ne possèdent pas leur valeur nominale aux températures les plus usuelles. Il est rare qu'on ait à connaître cette valeur nominale rigoureuse; et il est sans importance que les dimensions rapportées au Mètre vrai soient, à la température même de fabrication d'une machine, celles qui sont portées sur les cotes du dessin. Même une très importante catégorie de machines industrielles, savoir tous les moteurs à vapeur ou à gaz, ainsi que toutes les machines frigorifiques, s'éloignent considérablement, dans leur fonctionnement, des températures ordinaires, de telle sorte que la concordance avec les cotes du dessin devient purement illusoire.

Une objection pourrait être faite dans le cas de machines constituées par des organes de métaux divers. Si ces derniers possèdent leur valeur nominale à  $0^{\circ}$ , les écarts pourront devenir sensibles aux températures ordinaires.

Il est aisé de répondre à cette préoccupation. D'abord, ainsi que nous l'avons vu, on évite aujourd'hui l'emploi de métaux de dilatabilité différente, pour la construction des organes de machines nécessitant un ajustage précis. Mais, même si des conditions particulières obligent à y avoir recours, il suffira d'ajuster les pièces à la

température ordinaire sur les mêmes étalons, pour qu'au voisinage de cette température les dimensions de tous les organes soient en concordance. Les valeurs nominales différeront des valeurs vraies à 0°, pour les pièces faites en un métal différent de celui des étalons. Mais il en serait de même quelle que fût la température de définition, dès qu'on s'en écartera.

En résumé, il y aurait des avantages certains et aucun inconvénient sérieux à ce que la température de la glace fondante fût adoptée comme température de définition des étalons industriels du Système métrique; et il est vivement à désirer que, en vue de donner aux industries mécaniques toute l'homogénéité dont elles sont susceptibles, une entente générale intervienne afin que tous les étalons industriels soient désormais ajustés à cette température (1).

#### *Matière des étalons.*

La condition d'égalité de dilatation entre les étalons et les pièces des mécanismes a tout naturellement conduit à choisir l'acier pour la construction des étalons industriels de précision. Mais ce choix est dicté encore par d'autres raisons : les étalons devant être soumis à des contacts très fréquents, une grande dureté de leurs surfaces de définition est une condition primordiale de leur conservation ; la trempé garantit cette dureté autant qu'on puisse le désirer.

Cette opération a, il est vrai, pour effet de produire une déformation notable des pièces, et de leur donner un certain degré de variabilité dans le cours du temps ; mais on atténue considérablement ces inconvénients d'abord en ne trempant les étalons que sur une très faible longueur, puis en les soumettant à un long étuvage, produisant un vieillissement artificiel, et augmentant beaucoup la stabilité. Il semble bien que, dans les étalons les mieux préparés, il reste encore une variabilité assez grande pour que, dans le cours de quelques années, les changements deviennent mesurables. Les données relatives à ces variations ne sont encore ni assez nombreuses ni assez précises pour qu'on puisse s'en faire une idée nette. Il faudra poursuivre très systématiquement l'étude des étalons à bouts pour arriver à connaître l'étendue de leurs change-

---

(1) Voir *Sur les dangers de l'introduction de températures normales secondaires dans la définition des unités métriques* (Procès-Verbaux, session de 1901, p. 137).

ments, de manière à savoir s'ils restent en dessous des limites de précision exigées pour les meilleures mesures industrielles, ou s'il y a lieu de déterminer à nouveau, de temps en temps, les étalons servant aux opérations les plus précises. Ce que l'on sait déjà, c'est que ces modifications sont très petites.

En attendant des résultats plus complets, on a envisagé déjà une autre solution, qui réside dans l'emploi d'alliages de fer et de nickel susceptibles de durcir beaucoup par la cémentation. Les expériences faites à la Section technique de l'Artillerie et au Bureau avec le concours de la Société de Commentry, Fourchambault et Decazeville ont déjà montré qu'on peut obtenir, par ce procédé, une dureté suffisante, avec une déformation des étalons beaucoup moindre que n'en donne la trempe des aciers durs; mais l'étude des autres propriétés de ces alliages est trop peu avancée pour qu'on puisse préjuger de ses résultats.

#### *Forme des étalons.*

Les étalons à bouts se divisent en trois catégories distinctes suivant la forme de leurs faces terminales. Celles-ci peuvent être, en effet, planes, cylindriques ou sphériques.

Les étalons de la première catégorie sont constitués par des cylindres ou des prismes terminés par des surfaces planes et parallèles; cette dernière forme est, en particulier, celle des étalons auxquels on a donné le nom de *plots d'épaisseur*. Les seconds sont des cylindres complets, dont le diamètre représente la valeur. Les derniers enfin sont des sphères, complètes pour les faibles longueurs, et, pour les longueurs plus grandes, des tiges cylindriques terminées par des calottes sphériques, dont le rayon est égal à la moitié de la longueur de l'étalon. On peut caractériser aussi ces derniers en disant qu'ils sont constitués par des cylindres découpés diamétralement dans des sphères.

Ces divers étalons présentent, soit pour leur construction, soit pour leur emploi, des avantages et des inconvénients.

Les étalons à bouts plans sont limités par de larges surfaces, entre deux points conjugués desquelles on trouve autant de repères que l'on veut. Si ces étalons sont d'une exécution parfaite, cette particularité constitue certainement un avantage, puisqu'elle permet de ménager les surfaces. Mais, si les surfaces sont médiocrement planes et imparfaitement parallèles, ces étalons offrent peu de garanties.

Les étalons à faces terminales planes résistent bien aux efforts lorsqu'ils sont pris entre deux touches ou palpeurs pour leur détermination ou leur utilisation ; ils sont stables lorsqu'on les pose sur une de leurs faces.

L'exécution des étalons à bouts plans dans des conditions de moyenne précision ne présente pas de sérieuses difficultés ; elle devient très délicate au contraire lorsque la perfection des surfaces et de leur parallélisme doit être poussée très loin.

Les étalons cylindriques sont d'une exécution facile ; tournés, rectifiés, puis rodés, ils arrivent à un haut degré de perfection, c'est-à-dire d'égalité des diamètres, soit dans une même section droite, soit dans des sections différentes. On peut additionner deux étalons cylindriques, à la condition de croiser leurs axes ; mais, au delà de deux étalons, l'addition devient difficile. Enfin, les cylindres complets ne sont admissibles que pour les faibles longueurs ; sous peine d'obliger à la construction de pièces très lourdes et d'un maniement incommode.

La fabrication industrielle des sphères est arrivée à un haut degré de perfection ; et, soit pour des sphères complètes, soit pour des tiges à bouts sphériques, on ne rencontre pas de grosses difficultés à réaliser des étalons très voisins de leur forme théorique. Le principal avantage de ces étalons est d'en rendre l'addition très facile par juxtaposition dans une gouttière ou dans un tube et de permettre leur mesure soit entre des pièces planes, soit entre des pièces sphériques. Leur principal inconvénient réside dans les déformations qu'ils subissent, au moins pour les faibles rayons, mais qui s'atténuent très rapidement à mesure que ces rayons augmentent.

Comme les inconvénients des étalons à bouts sphériques apparaissent surtout aux faibles dimensions, alors que ceux des étalons cylindriques se font sentir pour des longueurs plus grandes, on voit que les deux dernières catégories d'étalons peuvent se partager le domaine des mesures. On prendra des cylindres pour les petites longueurs, des tiges à bouts sphériques pour les grandes.

Cependant, pour les très faibles longueurs, les cylindres eux-mêmes ne sont pas très commodes ; il faut alors presque nécessairement avoir recours à des plots ou à des lames à faces parallèles.

Il n'est pas possible d'établir, pour la généralité des applications, les limites de dimensions entre lesquelles l'un des trois systèmes est le plus avantageux. La Section technique de l'Artillerie de

l'Armée française, par exemple, a fixé à 20<sup>mm</sup> la limite commune des étalons cylindriques ou à bouts sphériques, et la Société genevoise a adopté les mêmes règles de construction. Divers constructeurs, et notamment la maison Brown et Sharpe, et la maison Pratt et Whitney, poussent les étalons cylindriques jusqu'à des diamètres plus forts, en même temps qu'elles admettent les plots d'épaisseur pour la vérification des calibres femelles. La maison Bariquand et Marre conserve les bouts plans pour les étalons en forme de tiges de toutes les dimensions. Enfin, la maison Johansson, à Eskilstuna, construit jusqu'à 100<sup>mm</sup> des séries très parfaites de lames et plots à faces planes, établis en vue de permettre des superpositions, qu'on obtient en glissant les calibres l'un sur l'autre, après avoir réalisé une adhérence aussi parfaite que possible sur une région limitée des surfaces en regard. La forme adoptée par M. Johansson permet, en appliquant des bords sur les deux faces de l'étalon, de réaliser des calibres femelles, analogues aux calibres à coulisse, mais d'une précision beaucoup plus élevée.

#### *Étude des étalons à bouts.*

La détermination des étalons à bouts peut être primaire ou secondaire. L'unité fondamentale du Système métrique étant matérialisée par un étalon à traits, il faut toujours, et nécessairement, partir d'une comparaison mixte, faite entre un étalon à bouts et un étalon à traits. Ensuite, si l'on y trouve quelque avantage, comme cela semble, *a priori*, devoir être le cas, on peut se borner à comparer à ce premier étalon à bouts les autres étalons dont on veut connaître la valeur.

L'ensemble des opérations admet une variante. On peut, en effet, déterminer, pour chaque nouvelle longueur, un étalon primaire en partant d'une règle divisée, préalablement étalonnée; ou bien on peut se borner à déterminer par ce procédé un nombre limité d'étalons formant des repères de premier ordre, puis remplir leurs intervalles en opérant par des étalonnages effectués en mettant bout à bout plusieurs étalons, et en comparant leur longueur totale à une autre longueur, sensiblement égale, constituée également par des étalons à bouts. En général, et si les étalons peuvent être *aboutés*, on emploiera concurremment les deux procédés.

On peut enfin substituer, à la comparaison à une règle divisée, une détermination par les procédés interférentiels. Ce genre de

déterminations admet des dispositifs divers, sur lesquels je reviendrai.

*Étalons à bouts sphériques.* — Pour leur détermination comme pour leur emploi, ces étalons peuvent être pris soit entre des palpeurs sphériques, soit entre des palpeurs plans et parallèles. Si leur exécution est suffisamment parfaite, ils peuvent occuper, entre ces derniers, des directions très légèrement différentes, sans que la longueur mesurée varie sensiblement.

Le procédé le plus ordinaire de mesure des étalons à bouts sphériques consiste à les insérer, comme je l'ai fait dans les déterminations primaires des étalons du Bureau et de ceux de la Section technique de l'Artillerie, entre deux palpeurs à bouts sphériques, portant des traits de repère, dont on détermine la distance en la comparant à une longueur prise sur une règle divisée. Puis, dans une autre série d'opérations, on amène les palpeurs au contact, et l'on détermine la distance des deux mêmes traits, que l'on retranche de la première longueur.

Mais on peut aussi se dispenser de mesurer la longueur auxiliaire des palpeurs, en opérant à l'aide d'une méthode imaginée par Airy, et consistant à déterminer, par comparaison avec une règle divisée, les distances comprises entre des traits marqués sur les étalons, que l'on amène au contact. L'application de cette méthode exige qu'on possède trois étalons, qui peuvent avoir des longueurs quelconques. Il est commode que les traits auxiliaires soient voisins du milieu de chacun d'eux, mais cette condition n'est pas indispensable.

Désignons par  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  les distances comprises, pour chacun des étalons  $a$ ,  $b$  et  $c$ , entre le trait auxiliaire et chacune de leurs extrémités. En aboutant les étalons deux à deux dans les diverses combinaisons possibles, mais sans les retourner, on sera conduit aux équations

$$\begin{array}{rcl} a_1 & + b_2 & = A, \\ a_1 & & + c_2 = B, \\ b_1 & & + c_2 = C, \\ b_1 + a_2 & & = D, \\ c_1 + a_2 & & = E, \\ c_1 & + b_2 & = F, \end{array}$$

les quantités du second membre étant celles qu'on mesure.

La résolution du système donne

$$a_1 + a_2 = B - C + D = E - F + A,$$

$$b_1 + b_2 = D - E + F = A - B + C,$$

$$c_1 + c_2 = F - A + B = C - D + E.$$

Les valeurs des étalons pouvant être calculées par deux combinaisons distinctes des quantités observées, on obtient un contrôle très utile. Le système ne comprend pas, cependant, trois équations surnuméraires, car les trois relations entre les quantités connues se réduisent à une seule, comme on le voit aisément.

On peut doubler les observations, en retournant d'abord un étalon, qui fournit quatre nouvelles équations par ses combinaisons avec les deux autres; puis un second, qui donne deux équations nouvelles. Le retournement du troisième ne donne que des équations qui existent déjà dans le premier système.

La méthode d'Airy avait été créée par le célèbre astronome au cours des travaux de la Commission anglaise instituée pour le rétablissement des étalons du Système britannique après leur destruction en 1834. Elle a été essayée au Bureau pour la première fois à l'occasion de la détermination de trois règles appartenant au Service topographique du Siam, et le plein succès de ces opérations a engagé ultérieurement à l'employer à la détermination des étalons à bouts du Bureau. Les mesures déjà faites sur ces derniers confirment l'excellence de la méthode.

Un troisième procédé, employé par MM. Perot et Fabry, consiste à appliquer, contre les extrémités de la broche à déterminer, deux lames de verre dont on a mesuré la distance par le procédé des franges de superposition, en la comparant à la distance des glaces d'un interféromètre, qui est une partie aliquote de l'écartement des glaces appuyées contre l'étalon. Cette méthode comporte un haut degré de précision, mais est d'une application délicate.

*Étalons cylindriques.* — Il ne semble pas qu'on ait employé régulièrement jusqu'ici d'autre méthode de détermination de ces étalons que la première de celles décrites ci-dessus pour les étalons à bouts sphériques.

Les difficultés résident surtout dans la nécessité d'un réglage très parfait des cylindres entre les palpeurs. Une inclinaison de

l'axe du cylindre, par rapport au plan perpendiculaire à la ligne des centres des palpeurs, conduit à une valeur trop forte de son diamètre; une erreur de signe inverse résulte du fait que le cylindre est pris non par un diamètre, mais sur une corde.

Les procédés de réglage des cylindres entre palpeurs sphériques ont été minutieusement étudiés au cours de la détermination que j'ai faite du volume du kilogramme d'eau à l'aide de cylindres, et la concordance entre les résultats auxquels je suis arrivé et ceux qu'ont fournis les travaux dans lesquels les dimensions des corps employés ont été déterminées par des procédés interférentiels montre que le procédé est susceptible d'être débarrassé de ses erreurs constantes.

J'ai déterminé toute une série d'étalons cylindriques en me servant de l'appareil construit en vue des travaux dont je viens de parler. Mais, à l'époque de ces mesures, mon appareil n'était pas encore parfaitement réglé, et il était déjà probable que les dimensions trouvées étaient légèrement trop fortes. Des déterminations récentes de M. Pérard ont fourni effectivement des valeurs un peu plus faibles.

*Étalons à bouts plans.* — Les procédés de mesure des étalons à bouts plans sont nombreux et dérivent de méthodes générales essentiellement différentes. Les suivants ont été employés tour à tour.

La détermination de la position d'une surface plane par la visée de l'intervalle compris entre un objet et son image dans la surface est depuis longtemps classique. C'est ce procédé qui a été employé par la Commission mixte dans les comparaisons du Prototype international provisoire avec le Mètre des Archives de France, et que nous avons appliqué ultérieurement, M. Benoît et moi, à la première série de déterminations des étalons à bouts en platine iridié.

Dans les déterminations du Prototype provisoire, l'objet réfléchi dans chacune des surfaces du Mètre des Archives était une pointe fine de métal située à très petite distance de la surface et en regard de son centre. Dans nos mesures ultérieures, la pointe avait été remplacée, ainsi que l'avait imaginé M. Benoît, par un fil d'araignée tendu parallèlement à la surface et appuyé sur deux autres fils d'araignée, entre lesquels était faite l'observation. On voyait ainsi, dans le microscope, le fil d'araignée et son image dans la règle,

sous la forme de deux lignes noires, fines et d'une définition parfaite; les pointés paraissaient ainsi très sûrs, et il est peu probable que l'on réalise jamais, pour la qualité de la surface et de l'objet réfléchi, des conditions beaucoup plus parfaites. Les règles avaient été, en effet, ajustées avec un soin extrême par M. Gustave Tresca, et leurs surfaces terminales étaient, avec une très grande approximation, planes et perpendiculaires à l'axe de la règle.

La détermination de la position réelle de la surface terminale d'un étalon par ce procédé présente cependant une grande difficulté. En raison du fait qu'une moitié de l'objectif est occultée par la règle elle-même, et que l'autre moitié travaille seule à former l'image, celle-ci est dissymétrique, et, si la mise au point n'est pas parfaite, elle est rejetée de côté (1).

Pour mettre parfaitement au point, on a fait usage, dès les comparaisons avec le Mètre des Archives, d'un procédé indiqué par Cornu, et consistant à découvrir successivement les parties centrale et marginale de l'objectif dans la moitié non occultée. Lorsque le mouvement de l'opercule n'entraîne aucun déplacement de l'image, on admet que la mise au point est correcte. Or cette condition n'est remplie que si l'objectif est rigoureusement aplanétique; comme ceux dont nous nous sommes servis d'abord présentaient des aberrations, notre mise au point était faussée systématiquement, et nos résultats entachés d'une erreur constante, peu inférieure à 2<sup>μ</sup> pour chacune des surfaces. Cette erreur a été beaucoup réduite ultérieurement par l'emploi d'objectifs plus parfaits et de plus large ouverture, ainsi que l'a montré la concordance entre les mesures exécutées à l'aide de ces derniers et les valeurs fournies par des déterminations faites au moyen de palpeurs.

Le procédé des palpeurs sphériques est également applicable à la détermination des étalons à bouts plans. Les réglages entre les palpeurs doivent alors être réalisés avec une grande perfection, car les erreurs de direction de l'étalon augmentent rapidement la valeur observée.

On peut aussi (ce procédé a été appliqué tout récemment au Bureau international) insérer un étalon à bouts plans entre deux étalons à bouts sphériques, tous trois étant enfermés dans un même

---

(1) J.-RENÉ BENOÎT et CH.-ÉD. GUILLAUME, *Mètres à bouts* (Trav. et Mém., t. XII).

tube, leur assurant un guidage très parfait. La longueur de comparaison doit être alors constituée également par trois étalons. Si, dans cette dernière, tous trois sont à bouts sphériques, on devra appliquer aux résultats une petite correction pour tenir compte de la différence des déformations au contact.

On peut enfin appliquer à ces étalons des méthodes interférentielles sous des formes diverses; les unes peuvent servir à déterminer des pièces opaques, les autres ne permettent que la mesure d'étalons transparents.

La méthode employée par M. Chappuis pour la détermination des cubes de crown qui ont servi dans ses recherches sur le volume du kilogramme d'eau, et dans laquelle on a utilisé la transparence de ces cubes pour faire toutes les observations d'un seul point de l'interféromètre, serait également applicable, bien que moins commodément, à des étalons opaques.

Dans l'emploi de cette méthode, la pièce à déterminer est placée en avant d'une glace plane, réglée parallèlement à la face antérieure de l'étalon. On établit alors entre cette dernière et le plan de référence, puis entre celui-ci et la première glace, des franges circulaires à l'infini, permettant de fixer les deux distances au plan de référence, et, par conséquent, la distance de la glace à la face antérieure de l'étalon. L'observation de franges de Fizeau, dans la lame séparant la glace de la face postérieure de l'étalon, fait connaître la longueur qu'il faut soustraire de la première pour avoir la valeur de celui-ci. C'est cette dernière observation, faite par M. Chappuis au travers de ses cubes, qu'on pourrait effectuer en se plaçant derrière la glace, si l'étalon était opaque.

Ce procédé n'est applicable qu'à des étalons d'une longueur assez faible pour rendre possible l'observation des franges circulaires. Avec les sources de lumière actuellement connues, il ne semble pas qu'on puisse dépasser beaucoup 10<sup>cm</sup>.

La méthode imaginée par Macé de Lépinay, et utilisée dans le travail auquel ont collaboré MM. Benoît et Buisson, exige l'emploi d'étalons transparents. Le principe de cette méthode consiste à observer successivement deux phénomènes d'interférence distincts : 1° les franges des lames mixtes obtenues par l'interférence d'un faisceau traversant la longueur à mesurer et d'un faisceau se propageant dans l'air parallèlement au premier; 2° les anneaux produits

par l'interférence d'un faisceau réfléchi sur la première face de la lame et du faisceau réfléchi sur la seconde face.

La première opération fournit une équation contenant à la fois la longueur à mesurer et la différence entre l'indice de réfraction de la lame et celui de l'air traversé; la seconde ne contient que le produit de l'épaisseur et de l'indice. Admettant la valeur de l'indice de l'air, on obtient, à l'aide des deux équations fournies par les deux expériences, à la fois l'épaisseur et l'indice.

Cette méthode a été appliquée à la mesure de deux cubes de quartz, dont le plus grand avait 5<sup>cm</sup> de longueur d'arête, marquant à peu près la limite qu'elle permet d'atteindre.

On peut enfin imaginer un groupe de méthodes consistant à déterminer d'abord la distance intérieure de deux glaces parallèles, qui constituent alors un étalon pour la longueur duquel on n'est pas limité par la visibilité des phénomènes interférentiels, puisqu'en opérant par la méthode des franges de superposition, on peut atteindre une longueur quelconque. Il suffira de rappeler que, dans leur détermination des longueurs d'ondes fondamentales, MM. Benoit, Fabry et Perot ont obtenu directement la valeur en longueurs d'ondes d'un étalon qui a pu être à son tour comparé directement au Mètre.

Mais un tel étalon ne peut servir qu'à des usages de courte durée, pendant lesquels il ne subit ni transport, ni manipulation d'aucune sorte, puisqu'il se compose de plusieurs pièces appuyées les unes sur les autres et susceptibles, par conséquent, d'éprouver des déplacements relatifs.

Cependant, on peut partir d'un étalon à faces intérieures pour déterminer des étalons à bouts plans, insérés entre ses surfaces terminales. Une semblable détermination a déjà été faite, par MM. Perot et Fabry, sur un des cubes (celui de 4<sup>cm</sup> d'arête), utilisés par MM. Macé de Lépinay, Benoit et Buisson, dans leur détermination du volume du kilogramme d'eau.

On pourrait, sans aucun doute, appliquer cette méthode à des étalons de plus grande longueur; mais les difficultés croitraient rapidement pour devenir bientôt insurmontables. Au surplus, les procédés n'ont pas encore été mis à l'épreuve dans de semblables conditions, et il est impossible de préjuger des difficultés auxquelles conduiraient leur application.

Ce qui vient d'être dit des méthodes interférentielles montre que

les étalons industriels ne pourront que difficilement en bénéficier, au moins directement. En effet, plusieurs de ces méthodes font appel à la transparence des étalons, ce qui exclut l'acier, avec ses avantages de robustesse et d'égalité de dilatation avec les pièces à mesurer; d'autre part, au moins dans leur état actuel, elles sont d'une application délicate et par conséquent coûteuse, de telle sorte que l'établissement direct d'étalons industriels pourra difficilement en supporter les frais.

En effet, l'application de ces méthodes exige un outillage compliqué et d'une extrême perfection; elle nécessite, de la part des opérateurs, une grande habileté avec une expérience consommée; c'est pourquoi les méthodes interférentielles resteront vraisemblablement toujours confinées dans quelques laboratoires ou établissements de contrôle, où l'on aura appris à les appliquer.

Néanmoins, elles pourront être d'un grand secours pour la détermination d'étalons fondamentaux, dont la valeur sera ensuite reportée sur des étalons industriels, par des procédés de même nature, et dont les erreurs, de même valeur, s'éliminent de la différence, comme nous allons le voir.

#### *Reproduction des étalons fondamentaux.*

La détermination des copies en fonction des étalons fondamentaux est naturellement beaucoup plus facile et beaucoup moins sujette à erreur que l'établissement de la valeur absolue des premiers. Si les étalons fondamentaux et les copies sont placés exactement dans les mêmes conditions, les erreurs s'éliminent de la différence, et, entre des limites étendues, on n'a pas à se préoccuper de leur valeur absolue.

Ainsi, dans les déterminations fondamentales, les déformations doivent être réduites autant que possible et calculées en valeur absolue, alors que, dans les opérations secondaires, il suffit qu'elles soient assez faibles pour que leur petite différence relative, tenant à la forme des surfaces, à la dureté du métal, etc., n'intervienne que pour une quantité négligeable.

Pour que les opérations soient commodes, il est nécessaire que les étalons soient assez semblables, dans leur forme extérieure, pour admettre les mêmes réglages, c'est-à-dire pour venir se présenter normalement entre les palpeurs lorsqu'on les place simplement sur les mêmes supports. Cette dernière condition impose une entente

pour les dimensions accessoires des étalons : diamètre des tiges dans les étalons à bouts sphériques, longueur des cylindres dont le diamètre représente la valeur. Lorsque ces conditions sont remplies, on obtient, à l'aide du comparateur Hartmann, établi par les soins de la Section technique de l'Artillerie de l'Armée française, des résultats d'une précision élevée, sans que, dans la comparaison d'étalons approximativement égaux, l'observateur ait à intervenir autrement que pour placer les étalons sur le support de l'appareil, et pour relever les indications que celui-ci enregistre directement. Ce comparateur a déjà rendu de très grands services dans divers établissements, et en rendra sans aucun doute de plus nombreux encore dans l'avenir.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, la comparaison des étalons à bouts entre eux permet de remplir, par des opérations d'étalonnage, l'intervalle compris entre deux étalons primaires. C'est en aboutissant ainsi seize règles approximativement égales, et en comparant leur somme au « Module » de Borda, que Lefèvre-Gineau et Fabbroni obtinrent un étalon pour la détermination des dimensions de leur cylindre; la remarquable exactitude de leur résultat montre que cette opération avait été conduite avec un plein succès.

Dans l'addition des étalons à bouts sphériques, on devra, pour des comparaisons de longueurs ainsi composées, faire en sorte que chacune d'elles contienne le même nombre de surfaces intermédiaires. D'après les formules données par Hertz et dont l'exactitude a été vérifiée dans bien des occasions, on a, pour un même nombre de surfaces en contact, la même déformation si la somme des courbures est la même; on devra donc rester le plus près possible de cette condition.

Les étalonnages effectués au Bureau international par M. Benoit, puis par M. Pérard, ou ceux qui ont été faits par les soins de la Section technique de l'Artillerie, ont montré que la méthode permet d'atteindre avec beaucoup de sécurité des longueurs qui n'avaient pas été données par une détermination primaire.

Si l'on part de déterminations par des méthodes interférentielles, les procédés de report sont en grand nombre. La visée d'un objet et de son image formée dans les surfaces, et le procédé des palpeurs sphériques sont applicables comme à la détermination faite en partant d'un étalon à traits, mais dans des conditions où les erreurs constantes sont moins à craindre. Même le sphéromètre à vis, auquel on a renoncé depuis un certain nombre d'années,

pour les déterminations très précises, en valeur absolue, d'étalons d'épaisseur, peut reprendre beaucoup d'importance s'il s'agit seulement de leur comparaison.

Mais il semble préférable d'appliquer à celle-ci un procédé consistant à poser successivement l'étalon et la pièce à déterminer sur trois points de support lenticulaires, et à laisser descendre au contact de leur plan supérieur une réglette à bout sphérique, portant un trait de repère qu'on vise au microscope. L'application de ce procédé paraît rapide et précise. Si la réglette porte une division en millimètres préalablement étudiée, on pourra, sans augmenter beaucoup les erreurs, remplir, en utilisant cette division, tout l'intervalle compris entre deux étalons primaires. Ceux-ci seront établis, par exemple, de centimètre en centimètre pour les faibles longueurs et avec des intervalles plus étendus pour les grandes longueurs.

Cet ensemble de procédés permettra, sans aucun doute, d'établir avec précision la valeur des étalons industriels à bouts plans; mais il reste à les élaborer dans le détail.

#### *Les machines à mesurer.*

La détermination précise des étalons à bouts pour les besoins de la construction mécanique est aujourd'hui l'une des tâches importantes des établissements officiels consacrés aux mesures de précision. Mais l'industrie n'a pas attendu que ces derniers fussent à même de répondre à tous ses besoins, pour s'outiller de telle sorte que les grandes usines puissent construire et étudier elles-mêmes les étalons dont elles font usage, en sacrifiant un peu de la précision que peuvent garantir aujourd'hui les laboratoires nationaux ou le Bureau international. C'est pour permettre aux ateliers et usines de résoudre eux-mêmes cet important problème qu'on a créé des machines à mesurer, dont plusieurs types se sont rapidement répandus.

Ces machines consistent essentiellement en un solide bâti, sur lequel sont montées deux poupées, l'une fixe, l'autre mobile le long d'une glissière bien dressée. L'une de ces poupées porte un simple butage, l'autre contient un écrou dans lequel se déplace une vis micrométrique. Ces organes de la machine permettent de s'en servir à la comparaison de deux étalons à bouts entre eux. Afin

d'assurer toujours le même effort, l'une des deux butées portée un indicateur dont il existe des types divers.

Mais ce qui donne aux machines à mesurer leur caractère particulier et ce qu'on pourrait appeler leur autonomie réside dans le fait qu'elles possèdent une règle divisée permettant de déterminer directement la valeur d'un étalon à bouts, en la rapportant, à l'aide d'un pointé micrométrique, à la division de la règle.

Au sujet du mode d'emploi de cette dernière, les machines à mesurer se divisent en deux types distincts. Dans les unes, la règle est fixe, et le microscope micrométrique est solidaire de la poupée mobile, dont il mesure le déplacement; dans les autres, le microscope est fixe, et la règle, entraînée par la poupée, défile devant lui.

Les machines du premier type exigent un dressage très parfait de la coulisse; en effet, toutes les erreurs de son inclinaison locale se reportent sur la direction du microscope et faussent les mesures.

Si, dans les machines du second type, la règle est placée latéralement à la poupée, les erreurs sont de même nature, mais de valeur moindre, et il faut encore les éliminer des résultats.

On peut arriver à supprimer, au moins en grande partie, les erreurs provenant de ces défauts inévitables de construction en mesurant, au moyen de la machine, un certain nombre d'étalons de valeur connue. On trace alors une courbe de ses erreurs, et l'on s'en sert ensuite pour rectifier les valeurs auxquelles elle conduit directement.

Toutefois, on peut craindre que la glissière se déforme dans le cours du temps, ce qui oblige à recommencer l'étude de la machine. C'est en vue d'éliminer complètement les erreurs de dressage que, dans un type de machine construit tout récemment, la Société genevoise a placé la règle dans le prolongement même de l'étalon à bouts, ainsi que je l'avais fait dans l'appareil à palpeurs qui a servi aux déterminations exécutées au Bureau depuis l'année 1896.

La question du métal de la règle portée par la machine est assez délicate. D'une part, elle doit posséder la dilatation de l'acier, mais, d'autre part, il est nécessaire de pouvoir éviter que les traits soient endommagés par l'oxydation. On a résolu le problème dans les machines américaines en pratiquant, dans une règle d'acier, des incrustations de 25<sup>mm</sup> en 25<sup>mm</sup>, et en divisant leur intervalle au moyen du micromètre. J'ai proposé récemment d'employer des

règles faites en un acier contenant 57 à 58 pour 100 de nickel, et dont la dilatation est très voisine de celle de l'acier, alors que sa résistance à l'oxydation est assez grande pour qu'on puisse, sans aucun danger, la munir directement d'une division dans toute sa longueur. L'emploi de ces règles, que la Société genevoise a adoptées, permet de ne demander au micromètre qu'une très faible course.

L'indicateur d'effort revêt, ainsi qu'il a été dit, des formes diverses. Souvent il consiste simplement à munir d'un rochet de déclenchement le micromètre servant à prendre contact sur l'étalon; d'autres fois, comme dans un instrument construit par la maison Bariquand et Marre, il réside dans le fait d'assurer l'entraînement par un petit poids tombant d'une hauteur constante. Dans la machine Pratt et Whitney, très répandue en Amérique et en Europe, la contre-butée serre, entre deux plans, une petite pièce d'acier qui tombe dès que, par le recul de la contre-butée, le serrage est devenu insuffisant. Enfin, dans la machine de la Société genevoise, cette contre-butée se compose d'un piston poussé par un ressort, et qui rentre sous l'action de l'étalon qu'entraîne le micromètre, jusqu'à ce qu'un trait porté par le piston vienne se projeter entre les fils d'un microscope micrométrique.

Les machines à mesurer ont souvent d'assez grandes dimensions. La maison Pratt et Whitney en construit couramment dont la longueur utile est de 2<sup>m</sup>; la Société genevoise en a construit une de 4<sup>m</sup>.

Dans les dernières années, le Bureau a étudié plusieurs règles destinées à des machines à mesurer de diverses longueurs. Nous avons dû renoncer à entreprendre l'étalonnage d'une règle de 4<sup>m</sup> qui nous avait été demandé. Les modifications que subira incessamment notre comparateur géodésique permettront bientôt d'accepter des études de cette nature.

#### *Précision des étalons à bouts.*

La précision que permettent d'atteindre les étalons à bouts est extrêmement diverse, et dépend à la fois de la perfection avec laquelle ils ont été exécutés et du procédé de comparaison qu'ils admettent.

Un étalon de longueur ne saurait permettre une exactitude supérieure à celle avec laquelle il définit la quantité qu'il représente.

Pour les étalons à traits, la précision de leur détermination est subordonnée à la perfection de leur tracé; pour les étalons à bouts, à celle de leurs surfaces terminales.

A cette question de perfection est liée celle de l'identité des conditions d'emploi des étalons dans les opérations servant à leur détermination et dans celles auxquelles ils prennent part ultérieurement pour définir d'autres quantités. Pour les étalons à traits, par exemple, les conditions d'éclairage influent largement sur la position apparente des images, et l'on ne peut être certain de retrouver les mêmes longueurs avec une approximation élevée que si la source lumineuse a été convenablement réglée. Les traits sont, d'ailleurs, plus ou moins sensibles aux conditions de l'éclairage; les uns (les traits fins à bords parfaitement nets) supportent de petites variations de l'éclairage, tandis que d'autres se déplacent visiblement aux moindres changements de celui-ci.

De même, suivant la perfection de leur exécution ou même suivant le système auquel ils appartiennent (étalons cylindriques, sphériques ou plans), les écarts apparents de longueur peuvent, dans le cas des étalons à bouts, varier dans des proportions très considérables.

Lorsqu'ils sont d'une exécution irréprochable, telle que les meilleurs constructeurs seuls savent la réaliser, les étalons à bouts plans, susceptibles de permettre l'emploi des procédés interférentiels, sont certainement ceux qui conduisent à l'exactitude la plus élevée. Dans les mesures de divers cubes, faites en vue de la détermination du volume du kilogramme d'eau, une exactitude du centième de micron en un point qu'on pouvait repérer et, par conséquent, retrouver ultérieurement, tout en ne pouvant être garantie, n'était déjà plus absolument illusoire. Mais, comme nous l'avons vu, la mesure directe des lames par ce procédé est restée limitée jusqu'ici à des pièces de faibles dimensions; et, pour celles de plus grande longueur, l'expérience fait encore complètement défaut.

D'ailleurs, si l'on arrivait à réaliser des longueurs par exemple de l'ordre de  $1^m$ , on verrait s'accumuler les erreurs de la détermination des étalons à plans intérieurs, par la multiplication de celle des petits étalons desquels ils dépendent en entier; celle de la longueur d'onde dans l'air, négligeable seulement pour les faibles longueurs, celle de la température des étalons, etc. Dans la récente détermination de longueurs d'ondes fondamentales par MM. Benoit, Fabry et Perot, les erreurs dues à la température ont été réduites

à une quantité négligeable par l'emploi de l'invar pour constituer les supports des glaces; mais, dans le passage à un étalon d'usage qui, pour la conservation de sa longueur dans le cours du temps, ne pourrait pas être fait en invar, les erreurs de température reparaitraient, et, comme les opérations interférentielles doivent être faites dans l'air, elles pourraient devenir assez notables.

L'examen détaillé de ces questions est encore prématuré, puisque les méthodes auxquelles elles se rapportent ne sont pas assez élaborées pour permettre de prévoir qu'elles conduiront, dans un avenir immédiat, à des résultats pratiques.

Les étalons à bouts plans assez parfaits pour supporter toute la délicatesse des procédés interférentiels constitueront toujours des objets coûteux, établis en vue d'expériences importantes, mais qui ne pourront jamais se répandre dans l'industrie, autrement qu'en un nombre restreint d'exemplaires servant à des usages très particuliers.

L'exécution des cylindres et des sphères est, comme nous l'avons vu, relativement facile. Pour un cylindre, on limitera, par exemple, à une région moyenne, marquée par l'intervalle de deux sillons, la partie définissant le diamètre; quant à l'azimut de celui-ci, il est souvent indifférent, tant ces étalons sont d'une exécution parfaite. Si le cylindre est sensiblement elliptique, on pourra soit définir le diamètre d'emploi, soit donner une valeur moyenne, qui obligera, dans les usages qu'on fera de l'étalon, à effectuer sur son pourtour un certain nombre de mesures équidistantes. Pour fixer les idées, je dirai qu'il est rare de trouver, dans des étalons cylindriques industriels de construction soignée, d'écarts des diamètres dépassant 1<sup>μ</sup>.

Pour les étalons sphériques, comme le point de contact est unique et parfaitement défini, la perfection de la construction résidera dans le centrage des calottes sur l'axe de la tige, l'exactitude de leur rayon de courbure et le poli des surfaces. De ces trois conditions, l'exactitude rigoureuse du rayon de courbure est la moins importante, puisque, ainsi qu'il est aisé de le voir, la différence des longueurs trouvées entre des palpeurs plans et parallèles est extrêmement faible, si l'on reste dans des limites étroites d'obliquité, pour des rayons différant de grandeurs appréciables. Le centrage et le poli exigent, pour leur exécution, à la fois un outillage très parfait et des soins d'autant plus délicats qu'on se propose d'ajuster l'étalon plus près de sa valeur nominale.

Mais les expériences que nous avons pu rassembler au Bureau international nous ont montré que la construction industrielle fournit des étalons à bouts sphériques très satisfaisants, en ce sens qu'ils définissent, avec une exactitude peu inférieure à celle des observations, une longueur bien déterminée, quel que soit le mode de comparaison qu'on emploie.

Pendant longtemps, on a eu très peu de confiance dans la précision d'un contact; mais des expériences faites dans des conditions parfaitement définies ont montré, plus récemment, que le contact, sous un effort donné, de deux surfaces polies et dont l'une au moins est convexe, s'effectue avec une constance égale ou même supérieure à celle des bons pointés au micromètre. Une propreté parfaite des surfaces est naturellement une condition absolue de la fidélité des contacts; or, l'expérience a montré que cette condition est aisée à remplir pour les surfaces sensiblement convexes, tandis que, lorsque les rayons augmentent beaucoup, l'interposition de poussières est extrêmement difficile à éviter; même on n'arrive à expulser l'air compris entre deux surfaces approximativement planes qu'en les frottant et les pressant fortement l'une contre l'autre. On remarquera toutefois que le rayon de courbure des surfaces occasionnant de semblables difficultés est de beaucoup supérieur à celui des étalons dont il peut être question dans la pratique.

La détermination d'étalons à bouts sphériques, qu'elle soit effectuée à l'aide de palpeurs ou par la méthode d'Airy, est subordonnée au pointé de traits à l'aide de microscopes. La précision de la détermination de ces étalons, comme de celle d'étalons cylindriques par le procédé des palpeurs, est donc au plus égale à la précision de la comparaison d'étalons à traits. En fait, elle est nécessairement inférieure, puisqu'aux erreurs des pointés viennent s'ajouter celles des contacts, qui, bien que très petites, ne sont pas négligeables, celles qui dépendent du réglage, de la température, etc. Pour ces dernières nous retrouvons, comme pour l'emploi des procédés interférentiels, la condition d'effectuer les opérations dans l'air, qui intervient certainement pour diminuer la précision, dès que les étalons atteignent une longueur notable.

Malgré cette superposition d'erreurs de diverses natures, les mesures d'étalons à bouts faites au Bureau international ont donné des résultats d'une remarquable concordance. Ainsi les déterminations absolues d'une double série d'étalons progressant de décimètre en décimètre jusqu'à 1<sup>m</sup>, et qui ont été comparés ensuite deux à deux

par M. Benoît au moyen du comparateur Hartmann, n'ont laissé subsister que des erreurs résiduelles de l'ordre de  $0^{\mu},1$ ; l'erreur de fermeture, égale au triple de cette quantité, a atteint une seule fois  $0^{\mu},4$ .

Dans ces deux séries de comparaisons, les efforts exercés sur les étalons et, par conséquent, les déformations élastiques qu'ils subissaient étaient très différents; mais ils n'intervenaient pas dans la concordance des résultats, puisqu'ils étaient, chaque fois, sensiblement les mêmes pour les deux étalons comparés. Il importait seulement de connaître leur valeur absolue dans les déterminations primaires; pour celles-ci, le calcul les indiquait comme étant de l'ordre de  $0^{\mu},2$  (un peu plus pour les fortes courbures, moins pour les plus faibles), et il ne pouvait rester qu'une erreur insignifiante sur ces quantités.

Une vérification très intéressante d'une mesure faite au Bureau a été obtenue dans la détermination, par MM. Perot et Fabry, d'un étalon de  $116^{\text{mm}}$  de longueur, à l'aide de la méthode précédemment décrite. L'écart entre nos deux séries de résultats n'a été que de  $0^{\mu},2$ , toutes corrections faites.

La détermination, plus difficile, des étalons cylindriques de diamètres compris entre  $2^{\text{mm}}$  et  $20^{\text{mm}}$  a conduit à des concordances moins parfaites. Après que j'eus mesuré la valeur de ces divers étalons au moyen du comparateur à palpeurs, M. Benoît compara chacun d'eux au suivant, en utilisant chaque fois un tour de la vis du comparateur Hartmann. La plus forte divergence a été voisine de  $1^{\mu}$ .

D'autre part M. Pérard a déterminé à nouveau, comme je l'ai dit, la série des étalons cylindriques que j'avais mesurés douze ans auparavant: il les a trouvés tous plus petits d'une quantité qui, dans la moyenne, est peu inférieure à  $1^{\mu}$ . L'écart est dans le sens prévu par les erreurs que j'ai pu commettre dans mes réglages et les variations qui ont pu résulter de la contraction des étalons dans le cours du temps; il est, pour la somme de ces quantités, d'un ordre de grandeur tout à fait admissible. Les déterminations faites jusqu'ici à l'aide de la méthode d'Airy, de quelques-uns des plus petits, parmi les étalons à bouts sphériques que j'avais déterminés, n'a pas fait apercevoir de divergence systématique bien évidente.

Si, de la détermination des étalons à bouts dans un laboratoire parfaitement outillé et dans lequel de grandes précautions sont prises

pour éviter les erreurs dues aux températures, nous passons à l'emploi qui est fait de ces étalons dans les ateliers ou les usines, nous trouvons de notables différences, qui réduisent sensiblement la précision des résultats indiquée ci-dessus. N'oublions pas, en effet, qu'une variation de 1 degré produit, pour une règle de 1<sup>m</sup> en acier, une variation de 10<sup>μ</sup> à 11<sup>μ</sup>, et que le micron deviendra déjà douteux, pour cette longueur, si l'incertitude de la température approche de  $\frac{1}{10}$  de degré.

Or il est absolument certain que, dans les ateliers, les températures ne peuvent pas être égalisées à beaucoup près avec une semblable approximation, et qu'on devra tolérer, soit dans l'emploi des étalons, soit dans la vérification des pièces de notables dimensions qui en dérivent, des erreurs de l'ordre de plusieurs microns. On considérera même, dans le travail industriel, un ajustage fait au centième de millimètre comme un ajustage très précis, à moins qu'il ne s'agisse de pièces spéciales et de faibles dimensions. On peut donc affirmer que la précision atteinte, soit au Bureau international, soit dans quelques établissements nationaux qui ont entrepris la détermination des étalons à bouts, est très largement suffisante pour les besoins de la pratique industrielle.

Telle est aussi l'opinion exprimée par M. Stadthagen, à qui a été confié, au sein de la Normal-Aichungs-Kommission de l'Empire d'Allemagne, le soin de la détermination des étalons à bouts. Comme nous-mêmes, il estime exagérée la précision du dixième de micron annoncée parfois comme étant celle de l'ajustage des étalons fournis par l'industrie. Si une telle précision est actuellement possible dans l'emploi de méthodes spéciales, elle ne paraît applicable ni à la détermination courante des étalons industriels, ni aux conditions de leur emploi dans les usines et les ateliers.

#### *Diffusion des étalons à bouts; travaux futurs.*

Au point de vue des progrès généraux des mesures et en particulier de la pénétration du Système métrique, on peut dire que les étalons à bouts possèdent aujourd'hui une importance qui ne le cède que de très peu à celle des étalons à traits; car, si ces derniers sont encore les étalons par excellence pour les déterminations dans les laboratoires ou pour celles du domaine de la Géodésie, en revanche, toute la construction mécanique de précision est fondée sur l'usage immédiat d'étalons à bouts.

C'est en tenant compte de cette situation, et afin de faciliter autant que possible l'unification métrique dans les arts mécaniques, que le Bureau international s'est associé aux premières tentatives faites en vue de doter la fabrication industrielle d'étalons précis et, en plus de sa collaboration avec la Section technique de l'Artillerie de l'Armée française, s'est outillé complètement pour être en mesure de répondre aux demandes qui pourraient lui parvenir.

Jusqu'ici, le Bureau a déterminé des séries étendues d'étalons pour la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, pour l'Atelier de précision de l'Artillerie de l'Armée espagnole et pour le National Physical Laboratory du Royaume-Uni; en outre, de nombreuses déterminations ont été faites à la demande d'industriels de divers pays. Les établissements nationaux aujourd'hui outillés pour faire de semblables mesures, et possédant en particulier des comparateurs automatiques, pourront contribuer activement à la diffusion rapide des étalons à bouts.

L'évolution des mesures qui vient d'être esquissée a laissé peu de place à l'usage qui peut être fait des règles à bouts en platine iridiée créées conformément au programme établi par la Commission du Mètre de 1872, et qui avaient été considérées, dès le début, comme des étalons venant en supplément des règles à traits. On remarquera que l'abandon, dans le cours des années, d'étalons ou d'instruments de mesure établis à grands frais et à grand-peine est un fait fréquent, qui tient au progrès même de la Science, et en vertu duquel un étalon sur lequel d'importantes mesures ont été fondées devient une pièce historique, précieusement conservée en souvenir de ses services passés.

Tel est aujourd'hui le cas pour le Mètre des Archives ou pour les admirables étalons géodésiques qui ont servi, dans le troisième quart du siècle écoulé, à de classiques mesures de bases et qui, aujourd'hui, sont délaissés pour des étalons d'un usage plus précis ou seulement plus rapide.

Les mètres à bouts en platine iridiée ont permis une comparaison très minutieuse des méthodes de détermination des étalons à bouts. Cette comparaison a conduit à réhabiliter la méthode des contacts, et a révélé les difficultés de la méthode des visées, même lorsqu'on l'applique à des règles parfaites dans leur forme. C'est là un service dont on ne saurait méconnaître l'importance en présence de celle que prennent aujourd'hui les étalons industriels.

Ce n'est pas à dire que les étalons à bouts en platine iridié soient, dès maintenant, condamnés à n'être plus d'aucun usage. Tandis que, pour les comparaisons fréquentes des étalons industriels, on se servira, au moins dans un avenir immédiat, d'étalons d'acier à bouts trempés, il sera nécessaire d'assurer le contrôle de ces derniers en raison des faibles changements qu'ils éprouvent dans le cours du temps. Et c'est alors que, par des comparaisons faites avec des précautions minutieuses, de manière à ne pas altérer les surfaces des étalons de platine, on pourra, en utilisant uniquement une méthode de contact, c'est-à-dire en évitant de faire intervenir dans une même opération des palpeurs et une règle divisée, rapporter à un étalon pratiquement invariable ceux qui serviront à assurer l'unification des mesures industrielles.

Quant à ces derniers étalons, il faut, pour éviter toute divergence, et assurer à l'industrie tous les services qu'ils sont appelés à lui rendre, donner une minutieuse attention aux points suivants :

1° Adoption d'une température unique de référence des étalons à bouts destinés à l'industrie. Ces étalons étant donnés sans correction, avec la seule indication de leur température d'ajustage, c'est à cette température que les machines posséderont leur valeur nominale. La température de la glace fondante, adoptée déjà par le Bureau international et par plusieurs Instituts nationaux, ne soulève aucune objection sérieuse. Il semble donc raisonnable de l'admettre à l'exclusion de toute autre.

2° Limitation des étalons des divers systèmes (cylindres, étalons à bouts plans ou sphériques) à un nombre très restreint de types, de manière à faciliter autant que possible les réglages dans leur détermination, et en particulier dans l'emploi des comparateurs automatiques (1).

Pour les étalons cylindriques, la longueur de 60<sup>mm</sup>, déjà assez répandue, semble pouvoir être maintenue; pour les étalons à bouts sphériques, d'une longueur inférieure ou égale à 1<sup>m</sup>, le diamètre de 12<sup>mm</sup> n'a révélé jusqu'ici aucun inconvénient; pour les longueurs supérieures à 1<sup>m</sup>, les types restent à créer.

Les étalons terminés par des plans exigeront des études nouvelles avant qu'on puisse indiquer les meilleures dimensions à leur donner.

---

(1) On trouvera, aux pages 102 et 111 du présent Volume, le texte des décisions prises par le Comité international au sujet des étalons à bouts.

# THE HISTORY OF THE

STATE OF NEW YORK

FROM 1784 TO 1800

BY JOHN W. CAHILL

NEW YORK: PUBLISHED BY

W. H. BROWN, 10 NASSAU ST.

1850

NEW YORK: PUBLISHED BY

W. H. BROWN, 10 NASSAU ST.

1850

NEW YORK: PUBLISHED BY

W. H. BROWN, 10 NASSAU ST.

1850

NEW YORK: PUBLISHED BY

W. H. BROWN, 10 NASSAU ST.

1850

NEW YORK: PUBLISHED BY

W. H. BROWN, 10 NASSAU ST.

1850

NEW YORK: PUBLISHED BY

W. H. BROWN, 10 NASSAU ST.

1850

# TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Liste des membres du Comité international des Poids et Mesures.....	v
Liste du personnel scientifique du Bureau international.....	vii
<b>Procès-verbaux des séances de l'année 1909.....</b>	<b>1-117</b>
<i>Procès-verbal de la première séance, du 23 mars 1909.....</i>	<i>1- 55</i>
Ouverture de la session .....	1
<i>Rapport du Directeur du Bureau international sur les exercices de 1907-1908 et 1908-1909.....</i>	<i>3-54</i>
I. — <i>Personnel.....</i>	3-4
II. — <i>Bâtiments.....</i>	4
III. — <i>Machines et Instruments.....</i>	5-8
Transformation du comparateur géodésique. Construction de deux nouvelles règles géodésiques. Modifications apportées au comparateur universel. Nouveau tracé des règles-types. Nouveaux étalons en quartz.	
IV. — <i>Comptes.....</i>	8-33
1. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.....	8- 9
2. — Frais des étalons et témoins internationaux.....	9
3. — Frais annuels.....	9-14
4. — Caisse de secours et de retraites.....	14-15
5. — Fonds de réserve .....	15-20

	Pages.
Comptabilité de 1907.....	21-27
Comptabilité de 1908.....	28-38
<b>V. — Travaux</b> .....	<b>34-47</b>
Déterminations, faites par M. Chappuis, de la variation de la densité de l'eau, sous l'action de l'air dissous.....	34-35
Certificats délivrés.....	35
Règles géodésiques de l' <i>India Survey</i> , du Service géodésique de Norvège, de l'Académie des Sciences de Stockholm, du Service géographique de l'Armée française, de la Section topographique de l'État-Major de l'Armée russe.....	35-38
Détermination des règles-types.....	38-40
Étude du comparateur Hartmann et détermination des étalons à bouts par la méthode d'Airy; études diverses sur les étalons à bouts.....	40-41
Alliages propres à la confection des étalons de masse.....	41-42
Tableau des instruments étudiés au Bureau depuis 1890.....	42-44
Publications : Décimètre cube d'eau; avancement des tomes XIV et XV.....	44-46
Progress du Système métrique.....	46-47
Liste des certificats délivrés du 1 <sup>er</sup> octobre 1907 au 31 mars 1909.....	48-54
Nomination de deux Commissions.....	55
<i>Procès-verbal de la deuxième séance, du 26 mars 1909</i> .....	56- 94
<i>Rapport du Secrétaire du Comité international</i> .....	57-73
Envoi du Rapport financier et des Comptes rendus de la quatrième Conférence générale.....	57-59
Lettres à Lord Kelvin et au comte de Macedo....	59-60
Échange des publications entre les bureaux nationaux des Poids et Mesures.....	61-62
Correspondance relative à l'accession du Canada..	63
Convocation à la session de 1909 et élection de M. Darboux.....	64-67
Commémoration de M. Mascart.....	68-71
Commémoration de M. Becquerel.....	71-73
Correspondance relative à l'accession du Chili....	73-74

	Pages.
Correspondance relative à l'accession de l'Uruguay.....	74-75
Lettres de l'Ambassade d'Angleterre relative à une demande de publications.....	76-77
Rapport spécial financier sur les exercices de 1907-1908.....	78-86
Rapport spécial financier sur les exercices de 1908-1909.....	87-92
Premier Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.....	93
Exposé des récents progrès du Système métrique.....	93-94
<i>Procès-verbal de la troisième séance, du 29 mars 1909.....</i>	95-103
Rapport de la Commission des Instruments et Travaux (première Partie) et discussion.....	95-98
Exposé de l'état de la question des étalons à bouts et discussion.....	94-103
<i>Procès-verbal de la quatrième séance, du 31 mars 1909.....</i>	104-117
Lettres à M <sup>me</sup> Mascart et à M <sup>me</sup> Becquerel.....	104-106
Deuxième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.....	106-108
Rapport de la Commission des Instruments et Travaux (deuxième Partie).....	109-111
Proposition relative à la température de définition des étalons à bouts.....	111-113
Procès-verbal de la visite au caveau des prototypes.....	113-114
Récents progrès du Système métrique ( <i>suite</i> )....	115-116
Clôture de la Session.....	116-117
<b>Annexes aux Procès-verbaux.</b>	
ANNEXE I. — <i>Les récents progrès du Système métrique.....</i>	123-141
ANNEXE II. — <i>L'état actuel de la question des étalons à bouts.....</i>	142-171

---

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,  
43157 Quai des Grands-Augustins, 55.

---