

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES.

---

PROCÈS-VERBAUX

DES

SÉANCES DE 1899.



PARIS,

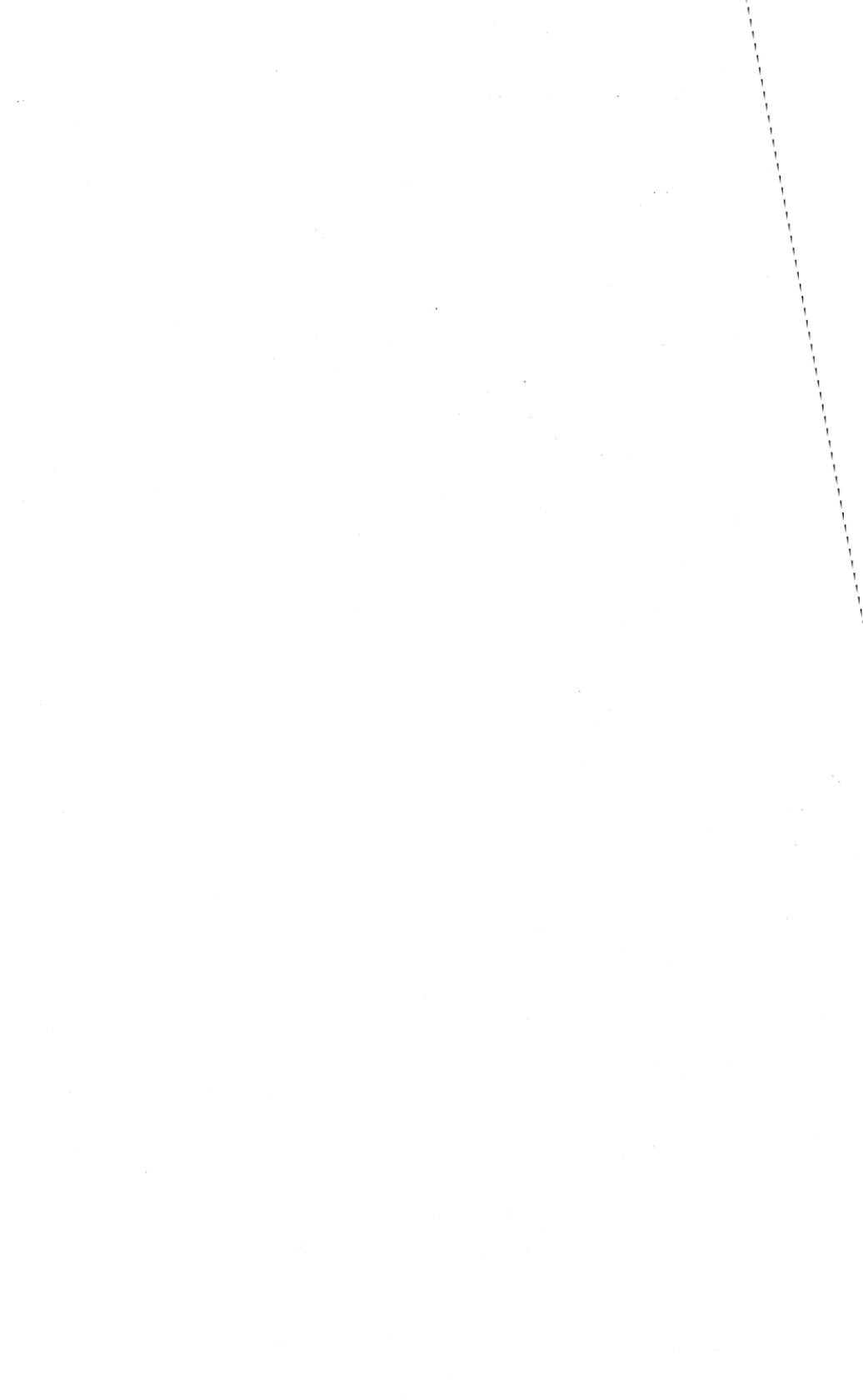
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

---

1899



COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

---

**PROCÈS-VERBAUX**  
DES SÉANCES DE L'ANNÉE 1899.

---

**PROCÈS-VERBAL**

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL,

Samedi 15 avril 1899.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, F. DE P. ARRILLAGA, BENOÎT, BERTRAND, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, HÉPITES, HIRSCH, DE MACEDO, MENDELEEFF, MICHELSON, THALÉN.

La séance est ouverte à 3<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.

M. le PRÉSIDENT déclare ouverte la session de 1899 et remercie MM. les Membres qui ont bien voulu assister à la réunion d'aujourd'hui en aussi grand nombre; car, à l'exception de M. von Lang, qui s'est excusé d'être retenu à Vienne par des travaux urgents, le Comité se trouve au complet.

M. le PRÉSIDENT est heureux de pouvoir souhaiter la bienvenue aux deux nouveaux Membres, MM. Blaserna et Michelson, qui assistent pour la première fois aux séances du Comité.

Il invite ensuite M. le Secrétaire à rendre compte de la gestion du bureau du Comité pendant les deux derniers exercices.

Le SECRÉTAIRE, prévoyant que la plus grande partie de cette séance sera consacrée à la lecture du Rapport, toujours si important, de M. le Directeur, croit devoir se borner à exposer brièvement les principaux faits qui se sont produits depuis la dernière session, et dont un certain nombre figurent, du reste, déjà dans les documents qui ont été communiqués aux Gouvernements et portés à la connaissance des Membres du Comité.

Après la dernière session, le Comité a été appelé à combler les deux vacances qui s'étaient produites par la perte regrettable de MM. Gould et Ferraris.

Par la circulaire suivante, le bureau a invité les Membres du Comité à procéder à l'élection par correspondance, prescrite par la Convention.

#### COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

##### Circulaire d'élection.

Berlin et Neuchâtel, le 7 septembre 1897.

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Dans la dernière session du printemps, le Comité a décidé de procéder, conformément à l'article 14 du Règlement de la Convention du Mètre, à l'élection, par correspondance, de deux nouveaux Membres du Comité, pour remplir les vacances qui se sont produites dans son sein par la mort du D<sup>r</sup> GOULD et du Professeur FERRARIS.

Si le bureau du Comité a dépassé un peu le délai minimum de

trois mois prescrit dans l'article 10 du Règlement, avant de procéder à l'élection, la cause en est qu'il a fallu d'abord s'assurer définitivement que les candidats sur lesquels s'étaient portées, lors de notre préconsultation confidentielle à Paris, les préférences unanimes des membres du Comité, accepteraient leur nomination éventuelle; ensuite parce qu'il fallait dissiper un malentendu, qui s'était produit au sujet de la démarche que nous avons faite en avril auprès de l'Ambassade des États-Unis à Paris, pour pressentir le Gouvernement Américain, si la nomination du savant physicien, qui a déjà rendu un si grand service à notre œuvre métrologique, serait bien vue à Washington.

Toutes les mesures préalables étant ainsi accomplies avec succès, le bureau a l'honneur d'inviter, par la présente circulaire, Messieurs les Membres du Comité à procéder à l'élection. En conséquence, nous vous prions, Monsieur et très honoré collègue, de bien vouloir remplir et retourner le plus tôt possible au Secrétaire le bulletin de vote ci-joint.

Veillez agréer, Monsieur, l'assurance de nos sentiments les plus distingués.

*Le Secrétaire,*  
Dr AD. HIRSCH.

*Le Président,*  
FOERSTER.

Par la circulaire ci-dessous, du 25 septembre, le bureau a été heureux de constater l'unanimité qui s'est portée sur les noms de MM. Blaserna et Michelson.

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

**Circulaire aux Membres.**

Berlin et Neuchâtel, le 25 septembre 1897.

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Nous avons l'honneur de vous communiquer le résultat de l'élection, par correspondance, de deux Membres du Comité, qui vient d'avoir lieu par suite de notre circulaire du 7 septembre dernier, et nous avons la satisfaction de vous apprendre que M. MICHELSON, Professeur à l'Université de *Chicago* (États-Unis d'Amérique), et M. BLASERNA, Professeur à l'Institut physique de l'Université de

Rome, viennent d'être élus, à l'unanimité des treize votes émis, Membres du Comité international des Poids et Mesures.

Nous sommes persuadés que ces savants distingués, se rendant à l'appel unanime de tous leurs collègues, apporteront à notre œuvre internationale le précieux appui de leur science et de leur grande autorité.

Nous ne tarderons pas à porter ces élections à la connaissance des Hauts Gouvernements, ainsi que de nos nouveaux collègues.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de nos sentiments les plus dévoués.

*Le Secrétaire,*  
D<sup>r</sup> AD. HIRSCH.

*Le Président,*  
FOERSTER.

A la fin de décembre 1897, le bureau a adressé aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes le Rapport spécial financier sur l'exercice de 1897, dont les éléments essentiels avaient été fournis par M. le Directeur du Bureau international.

Le bureau du Comité, après avoir inspecté le Bureau de Breteuil, au printemps de 1898, a adressé aux Hauts Gouvernements un Rapport sur la gestion et les travaux du Bureau international en 1897. Ce rapport, qui a été présenté aux Gouvernements le 28 juin 1898, a été également communiqué aux Membres du Comité. Le Président et le Secrétaire ont eu, une fois de plus, la satisfaction de trouver au Bureau international l'ordre le plus parfait au point de vue administratif, et de pouvoir adresser les plus vives félicitations au personnel scientifique que le Comité a eu la bonne fortune de réunir dans l'Établissement international. En effet, les travaux métrologiques ont été à la hauteur des brillants résultats antérieurs obtenus par le savant Directeur et ses excellents adjoints.

Le Comité apprendra, par le Rapport que M. le Directeur va lui présenter, la solution du grand travail fondamental qui, depuis de nombreuses années, l'a préoccupé et occupé surtout le Bureau international lui-même, c'est-à-dire la question de la masse du décimètre cube d'eau. M. le

Directeur pourra probablement communiquer aujourd'hui les chiffres, sinon définitifs, du moins déjà très certains, des corrections qui résulteront de cette étude pour la détermination du litre.

Depuis la dernière session du Comité, il s'est produit le fait important d'un nouveau et considérable progrès dans l'introduction effective du Système métrique en Angleterre. La loi « pour légaliser l'usage des Poids et Mesures métriques » porte, en effet, dans son article premier : « En abrogation des dispositions contraires de l'ancienne loi de 1878, il est stipulé que l'usage, dans le commerce, des Poids et Mesures du Système métrique sera désormais légal et que, contrairement à l'article de la section 19 de l'ancienne loi, aucun contrat, marché, vente ou négociation ne pourra être annulé pour le motif d'avoir été conclu en faisant usage des Poids et Mesures métriques; et que personne ne pourra être poursuivi pour avoir fait usage de Poids et Mesures métriques et les posséder. »

L'article 2 porte : « 1° La collection des étalons du *Board of Trade* comprendra des étalons métriques dérivés du prototype du Mètre en platine iridié et du prototype du Kilogramme en platine iridié; 2° Un nouveau Tableau des équations entre les Poids et Mesures métriques et les anciennes mesures anglaises sera établi pour remplacer l'ancien Tableau contenu dans la loi de 1878. »

Cette dernière stipulation a été réalisée par un Règlement publié le 19 mai 1898 et dans lequel les autorités anglaises ont heureusement évité le danger de compromettre l'unité du Système métrique par l'introduction de deux litres différents.

Le Comité se souvient que, dans sa dernière session, à la demande de M. Chaney, il a pris des résolutions dans le but de maintenir intacte, en tout état de cause, la définition métrique de l'unité de volume (litre) d'après la formule qui définit le litre comme le volume d'un kilogramme d'eau pure au maximum de densité (4°); mais que, cepen-

dant, il ne verrait pas d'inconvénients graves à ce que les mesures de capacité fussent ajustées pour une température d'usage (15°,5 par exemple), ainsi qu'une certaine partie du public en Angleterre l'avait désiré, pourvu qu'on marquât sur ces mesures la température à laquelle elles réalisent le volume métrique du litre sans correction. Or, un Règlement que le Gouvernement anglais a publié le 19 mai 1898, sur les équations fixées légalement entre les anciens Poids et Mesures anglais et les Poids et Mesures métriques, dont l'usage a été rendu légal en Angleterre par la loi du 6 août 1897, ne contient pas deux définitions du litre, mais constate simplement qu'un litre équivaut environ à mille centimètres cubes, et qu'un millilitre est égal à 1,00016 centimètre cube. Cette solution laisse peut-être à désirer à quelques égards; mais au moins elle sauvegarde l'unité des mesures métriques de capacité.

Il importe de communiquer au Comité une démarche que la Grèce a faite par l'intermédiaire de sa Légation auprès du Gouvernement français, afin de connaître quelles sont les conditions nécessaires pour entrer dans la Convention du Mètre; car le Gouvernement de la Grèce a l'intention d'introduire peu à peu le Système métrique dans son pays.

Voici la dépêche de la Légation grecque à Paris :

LE MINISTRE DE GRÈCE, A PARIS,  
A MONSIEUR LE MINISTRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES.

Paris, le 4/16 décembre 1898.

Le Département Royal de l'Intérieur me fait part de son intention d'appliquer graduellement le Système décimal métrique qui a été adopté en Grèce dès l'année 1836, et, pour ce faire, il a pensé se borner, quant à présent, à l'adoption du mètre.

Mais, dans ce but, il me prie d'avoir préalablement recours à l'obligeance du Bureau international des Poids et Mesures pour obtenir les renseignements ci-après :

1° Quelles seraient les conditions et les obligations pécuniaires ou autres que la Grèce assumerait en adhérant à la Convention de 1875 des Poids et Mesures :

2° De quel prix serait le type mètre que le Bureau international fournirait le cas échéant à la Grèce et de quel métal serait ce type mètre ;

3° De quel bois doivent être construits les mètres destinés à l'usage public pour être à l'abri de l'influence atmosphérique, et

4° Tout autre renseignement qui pourrait être utile et éclairer le Département de l'Intérieur dans la réalisation du but qu'il se propose.

Je vous serais donc reconnaissant de vouloir bien me faire savoir, si possible, les renseignements qui précèdent, faute desquels l'application de la réforme proposée serait compromise.

Dans cette attente, je vous prie de vouloir bien agréer les assurances de la haute considération avec laquelle j'ai l'honneur d'être, etc., etc.

Comme ce document n'avait pas suivi la voie régulière prescrite par la Convention du Mètre, car, au lieu d'être adressé par la Légation grecque au Secrétaire du Comité, il était parvenu par l'intermédiaire des Ministères des Affaires étrangères et du Commerce à M. le Directeur du Bureau international, MM. le Président et le Secrétaire ont indiqué à M. Benoît le sens dans lequel il convenait de répondre provisoirement à la démarche du Gouvernement grec. M. le Directeur a donc répondu que, le Comité international devant s'assembler prochainement, la démarche du Gouvernement grec lui serait soumise, et qu'il statuerait sur les conditions d'entrée de la Grèce dans la Convention du Mètre et, sans doute, dans le sens le plus favorable à cette nouvelle extension effective du Système métrique.

Quant à la question des prototypes, le Comité serait appelé à délibérer s'il ne serait pas indiqué de conseiller à la Grèce, au lieu de l'acquisition d'un mètre en platine iridié, qu'il serait très difficile et coûteux de se procurer en ce moment, de se contenter provisoirement d'un étalon normal en acier-nickel. En tout cas, le Bureau interna-

tional, sans pouvoir se charger de la construction de cette règle normale, procéderait volontiers au tracé et à la détermination de cet étalon. Enfin, en ce qui concerne la question des mètres en bois, il a naturellement fallu répondre qu'elle sort complètement du domaine du Comité international.

Le Comité sera, sans doute, appelé à délibérer dans une prochaine séance sur ces différents points.

Par lettre du 14 janvier 1898, M. le Baron d'ANETHAN a fait savoir au bureau du Comité que la Belgique désire se procurer huit étalons du décimètre, ce qui porte le nombre des étalons décimétriques commandés, jusqu'à présent, à vingt-sept, de sorte que le Comité peut dès maintenant se convaincre qu'en prenant cette mesure il a satisfait à un véritable besoin de la métrologie et de la technique de précision.

M. le Président a reçu, il y a peu de temps, une dépêche du Gouvernement français exprimant au Comité le désir de voir figurer à l'Exposition universelle les instruments, appareils, étalons, publications, etc., de nature à faire apprécier au public l'importance de l'œuvre entreprise par les Gouvernements signataires de la Convention du Mètre.

Voici cette dépêche de M. Delcassé :

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. — MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES.

DIRECTION DES CONSULATS ET DES AFFAIRES COMMERCIALES.

Sous-Direction des Affaires commerciales.

EXPOSITION DE 1900.

PARTICIPATION DU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Paris, le 22 mars 1899.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Le Gouvernement de la République a pensé qu'il y aurait une

très grande utilité à permettre au Comité international des Poids et Mesures de représenter, à l'Exposition universelle de 1900, l'œuvre qui lui est confiée, et de permettre ainsi au public de se rendre compte de l'importance des efforts qu'il fait, sous les auspices des principales nations civilisées, dans un but d'intérêt général.

J'ai l'agréable devoir de vous communiquer cette résolution et de vous dire combien nous attacherions du prix à voir le Comité international des Poids et Mesures répondre dans une mesure aussi large que possible à l'invitation du Gouvernement de la République.

J'ajoute que l'Administration de l'Exposition universelle a réservé, dans le Palais de l'Économie sociale et des Congrès, un local distinct, destiné à recevoir les différents objets envoyés par le Comité international des Poids et Mesures. Il sera également loisible au Comité de déléguer, dès qu'il le jugera convenable, un représentant chargé de régler les détails de sa participation avec le Commissaire général de l'Exposition (Direction générale de l'Exploitation).

Agréez, Monsieur le Président, les assurances de ma considération la plus distinguée.

DELCASSÉ.

*M. le Dr W. Foerster, Président du Comité international des Poids et Mesures.*

Le bureau a répondu immédiatement dans les termes suivants :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

---

Berlin et Neuchâtel, le 27 mars 1899.

MONSIEUR LE MINISTRE,

Nous avons l'honneur de remercier Votre Excellence de la dépêche du 22 mars, par laquelle vous voulez bien nous communiquer l'invitation du Gouvernement français au Comité international des Poids et Mesures, de représenter, à l'Exposition universelle de 1900, l'œuvre qui lui est confiée et pour laquelle vous nous avez fait savoir que l'Administration de l'Exposition universelle a réservé, dans le Palais de l'Économie sociale et des Congrès, un local distinct, destiné à recevoir les différents objets que le Comité serait en mesure d'envoyer.

Nous ne doutons pas que le Comité, comprenant l'heureux effet qu'une pareille participation peut avoir pour l'extension du Système métrique, s'empressera de donner suite à cette invitation, dans la mesure où la nature très délicate d'un grand nombre de nos précieux instruments et appareils de mesure et de pesée permet de les déplacer, et pour autant que le besoin presque continu de s'en servir au Bureau international ne nous empêche pas de renoncer à leur usage pendant la durée de l'Exposition. Par contre, il n'y aurait aucune difficulté d'exposer un certain nombre d'étalons de précision en acier-nickel, qu'on est occupé à construire et à déterminer à Breteuil, et peut-être même pourrait-on y joindre, si votre Gouvernement y consent, les prototypes métriques, en platine iridié, que nous avons fournis, en 1889, à la France ainsi qu'aux autres États signataires de la Convention du Mètre.

En tout cas, nous nous empresserons de soumettre, avec préavis favorable, l'heureuse idée du Gouvernement français au Comité international des Poids et Mesures, qui se réunira le 15 avril prochain, à Breteuil, en session réglementaire; et, le cas échéant, nous ne tarderons pas à profiter de l'invitation contenue dans la dépêche de Votre Excellence, de nous entendre avec M. le Commissaire général de l'Exposition sur les détails de notre participation.

Veuillez agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de notre plus haute considération.

*Le Secrétaire,*

Signé : D<sup>r</sup> AD. HIRSCH.

*Le Président,*

Signé : D<sup>r</sup> W. FOERSTER.

*A S. Exc. Monsieur Delcassé, Ministre des Affaires étrangères,  
à Paris.*

Le Comité voudra sans doute, tout en reconnaissant l'heureuse initiative du Gouvernement français, délibérer sur les limites dans lesquelles il sera possible de déférer à ce désir, et charger son bureau et M. le Directeur de s'entendre avec le Commissariat général de l'Exposition sur l'exécution de la décision qu'il aura prise.

L'importante question concernant l'organisation d'une caisse de retraites et l'institution d'un fonds de réserve pour le Bureau international des Poids et Mesures, si elle

n'a pas encore été définitivement résolue, a fait cependant des progrès tels qu'il est permis d'espérer aboutir, dans le courant de cette session, à des propositions qu'on pourra ensuite soumettre à la ratification des **Hauts Gouvernements**.

Le projet de règlement que le bureau a mis en circulation, le 16 avril 1898, parmi les **Membres du Comité**, a déjà trouvé l'adhésion du plus grand nombre d'entre eux, et il y a des raisons de penser que plusieurs des **Gouvernements** sont disposés à examiner le plus tôt possible le projet qui sera présenté.

Enfin, le Bureau a la grande satisfaction d'annoncer au Comité l'apparition du **Tome IX** des *Travaux et Mémoires*, contenant la suite des *Kilogrammes prototypes*, par **M. Thiesen**, volume qui, malheureusement, est resté de longues années à l'impression, par la faute de son auteur. Cet ouvrage a été distribué aux **Ambassades et Légations**, ainsi qu'aux **Membres du Comité**, il y a quelques jours. Les nouvelles comparaisons des kilogrammes qui vont être entreprises au Bureau international, fourniront sans doute la preuve que le retard subi par cette publication est dû uniquement à des causes personnelles et sans rapport avec la qualité des premières déterminations exécutées dans le temps par **M. Thiesen**.

**M.** le **PRÉSIDENT** ayant remercié le **Secrétaire** pour son **Rapport** demande si quelque **Membre** désirerait des explications ou aurait à présenter des observations au sujet de ce **Rapport**.

**MM. BLASERNA** et **MICHELSON** déclarent avoir été très touchés de l'honneur que le Comité leur a fait en les appelant, à l'unanimité, à faire partie d'une **Institution internationale** qui compte déjà tant de succès et qui a produit des travaux aussi considérables. Ils s'efforceront de contribuer à l'étude et à la réalisation des importants progrès métrologiques qui restent à accomplir.

M. BENOÎT aimerait à compléter, par un renseignement, les indications du Rapport de M. le Secrétaire au sujet de la participation du Comité à l'Exposition universelle. Il y a quelque temps, et avant la communication du Gouvernement français, M. Bunge, le constructeur de la balance destinée aux pesées dans le vide, a écrit qu'il aimerait voir figurer cette balance à l'Exposition. Si le Comité était exposant, M. Bunge serait heureux que cette balance fit partie des objets exposés; dans le cas contraire, il demanderait s'il ne lui serait pas possible d'exposer cette balance pour son propre compte avec la Société générale des mécaniciens allemands.

M. Benoît s'étant concerté avec le bureau, a répondu que l'on accepterait peut-être de faire figurer la balance Bunge avec l'exposition des mécaniciens allemands, à condition qu'elle serait mise en bon état non seulement au moment de son départ, ainsi que M. Bunge s'était engagé à le faire, mais encore lorsqu'elle serait rendue au Bureau.

M. le PRÉSIDENT placera cette question de l'Exposition à l'ordre du jour d'une prochaine séance. Pour aujourd'hui il invite M. le Directeur à présenter au Comité son Rapport réglementaire sur les Travaux et l'Administration du Bureau international pendant les exercices 1897 et 1898.

M. BENOÎT donne lecture du Rapport suivant :

#### RAPPORT SUR LES EXERCICES DE 1897 ET 1898.

---

Comme de coutume, je diviserai cet Exposé en cinq parties, ayant rapport successivement au personnel, aux bâtiments, aux machines et instruments, aux comptes et à la situation financière, enfin aux travaux exécutés par le Bureau depuis la précédente session.

### I. — Personnel.

Le personnel du Bureau n'a subi que peu de changements depuis la session de 1897. M. Louis Maudet, qui, à cette époque, venait d'être engagé, à titre provisoire, comme calculateur, s'est, depuis, mis au courant, et a fait preuve de sérieuses qualités, qui nous l'ont fait agréer comme Aide d'une façon définitive. En cette qualité, il a pris part à diverses expériences et fait de nombreuses observations ; il s'est acquitté des tâches que nous lui avons confiées à notre entière satisfaction.

Dans notre personnel auxiliaire, j'ai à signaler le départ de l'une des jeunes filles que nous employons aux études thermométriques, M<sup>lle</sup> S. Maudet, qui nous a quittés pour se marier. Elle a été remplacée depuis par M<sup>lle</sup> L. Junot.

### II. — Bâtiments.

J'ai également très peu de chose à dire à propos des bâtiments. Il n'a été fait, effectivement, dans cette dernière période, aucune modification ni aucune réparation d'une importance qui justifierait une mention. Les diverses dépenses qui ont été inscrites sur ce chapitre, pendant ces deux exercices, et qui, ainsi qu'on le verra dans le Rapport financier ci-après, sont restées très sensiblement conformes aux prévisions, se rapportent aux frais ordinaires et normaux d'entretien des bâtiments, dépendances ou mobilier ; elles portent, en outre, principalement, comme toujours, sur les réparations inévitables qu'amène chaque année pour nos calorifères, nos toitures et aussi pour nos clôtures, qui sont dans un état de délabrement complet et exigeraient une réfection entière, mais trop coûteuse pour que nous puissions l'entreprendre.

### III. — Machines et instruments.

Je ne signalerai sur ce chapitre que l'entrée et l'installation définitive, faite depuis la dernière session, du comparateur automatique enregistreur, système Hartmann. Cet appareil a été monté dans la salle IV, où nous avons encore un peu de place disponible, à côté du comparateur Brunner. Un pilier en maçonnerie a été construit pour lui servir de base.

Je me propose de placer encore dans la même salle, du côté opposé, le petit appareil que nous faisons construire spécialement pour l'étude des réglottes décimétriques. L'adjonction d'un appareil de ce genre à notre outillage scientifique nous a paru indispensable, afin d'éviter d'immobiliser encore, pendant de longs mois, et pour un seul objet, notre comparateur universel, qui est peut-être, parmi nos instruments pour les déterminations des longueurs, celui qui peut rendre le plus de services, et dont il nous importe le plus de garder la libre disposition, à cause même de la multiplicité et de la variété des applications auxquelles il se prête. Le nouvel appareil est une sorte de petit comparateur longitudinal, adapté au but particulier dont il s'agit, et réduit aux dispositions les plus simples. Nous en possédions déjà les pièces les plus essentielles, c'est-à-dire les microscopes à micromètre; ce sont ceux que j'avais antérieurement adaptés à l'appareil Michelson pour l'établissement des étalons normaux du centimètre et du millimètre par les longueurs d'ondes. Ces microscopes sont montés sur un support, que j'avais fait construire dans notre atelier, et qui est muni de deux coulissages perpendiculaires l'un à l'autre dans un plan horizontal, pour régler leurs positions, et d'un coulissage dans le sens vertical, pour régler la mise au point. Le complément à construire se compose d'un banc de fonte, sur lequel coulisse un chariot qui doit porter les règles à étudier. Ce chariot est entraîné par une crémaillère et un pignon denté muni d'une tête divisée, qui permet d'amener successivement sous les microscopes les traits à pointer. Quelques butées et vis calantes fournissent les réglages nécessaires.

J'ai étudié avec soin, avec le concours de M. Guillaume, les détails de ce dispositif. Nous avons adopté des dimensions et des arrangements qui permettraient de comparer, au besoin, des longueurs jusqu'à 50 centimètres, et même de faire l'étalonnage de la division d'une règle de 1 mètre, sur elle-même, par un ensemble suffisant d'observations combinées suivant un schéma régulier et symétrique. Mon intention était primitivement de construire nous-mêmes les diverses pièces de cet instrument dans notre atelier. Mais j'ai dû reconnaître que, avec les moyens très limités dont nous disposons en personnel et en matériel, c'est-à-dire avec un seul mécanicien et un outillage sans force motrice, obligeant par conséquent à faire tout le travail à la main; avec, en plus, la quantité de travail dont nous chargeons déjà la préparation et le polissage des réglottes décimétriques, nous courrions le risque de ne pouvoir entrer en possession

de notre petit comparateur que dans un avenir extrêmement éloigné. Je me suis donc adressé à la maison Bariquand et Marre, qui a déjà construit pour nous les appareils destinés aux mesures relatives à la question du décimètre cube d'eau. La maison Bariquand, après avoir révisé nos projets et avoir introduit, d'accord avec nous, quelques modifications dans nos plans primitifs, s'est chargée de l'exécution. J'avais espéré pouvoir montrer au Comité l'appareil terminé et tout monté; malheureusement la maison Bariquand, elle aussi, a été retardée, et nous ne l'aurons que dans quelques semaines. En l'attendant, je me suis servi, pour l'étude des premiers étalons décimétriques qui ont été, comme je le dirai tout à l'heure, construits et déterminés, du comparateur universel, en profitant d'un moment où ce dernier instrument était disponible.

Nous avons encore fait à quelques-uns de nos appareils, particulièrement à la machine à diviser et au thermomètre à gaz, diverses adjonctions ou modifications. J'en parlerai plus utilement, à propos des travaux, en indiquant à quels besoins elles répondaient. Je signalerai seulement ici que j'ai couvert la machine à diviser d'une grande vitrine, destinée à la protéger contre tout accident, à la mettre à l'abri des poussières, et aussi des variations brusques de température pendant les tracés des règles. Cette vitrine, que j'ai fait construire sous mes yeux, a dû être étudiée avec un certain soin, pour présenter des dispositions propres à n'entraîner aucune gêne pour l'opérateur dans le maniement de la machine, dans les réglages délicats qu'impose toute division, et à permettre l'accès facile de toutes les parties de la machine pour les graissages, nettoyages, démontages, etc.

#### IV. — COMPTES.

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

A. D'après les <i>Procès-verbaux</i> de 1897, p. 25, le total des actifs du Compte I, au commencement de l'exercice de 1897, s'élevait à.....	fr 17374,03
Dans le courant de l'année 1897, ce Compte a eu une recette provenant des <i>taxes de vérifications</i> et mon-	
A reporter.....	17374,03

	Report.....	17374,03
	tant à.....	1682,75
		<hr/>
L'actif s'est donc élevé, en 1897, à.....		19056,78
D'autre part, on a inscrit aux dépenses du Compte I, pendant cet exercice :		
Société genevoise, machine à diviser.....		4318,00
En sorte que l'actif disponible du Compte I, à la fin de 1897, est devenu.....		14738,78
B. Pendant le cours de l'année 1898, le Compte I a eu encore une recette, provenant des taxes de vérifications, de.....		1130,00
Comme, d'ailleurs, aucune nouvelle dépense n'a été inscrite sur le Compte, pendant cet exercice, son actif, à la fin de 1898, s'est élevé à.....		<hr/> 15868,78

## II. — Frais de confection des Prototypes internationaux et des étalons et témoins du Bureau.

A. Le Compte II avait, d'après les <i>Procès-verbaux</i> de 1897, p. 26, au commencement de l'exercice de 1897, un actif de.....		2470,50 <sup>fr</sup>
dû tout entier par le Compte IV ( <i>voir plus loin</i> ).		

Pendant l'exercice de 1897, conformément à la décision prise par le Comité dans la séance du 22 avril 1897 ( <i>Procès-verbaux</i> , 1897; p. 134), on a transféré au Compte II, de l'actif disponible du Compte V, une somme de.....		34803,10
qui, ajoutée aux 30196 <sup>fr</sup> ,90 déjà inscrits, sur l'exercice précédent, à ce même Compte, représente la totalité de la contribution extraordinaire de 65 000 <sup>fr</sup> accordée au Comité par les Gouvernements.		
Ainsi le total des actifs du Compte II, en 1897, est devenu.....		<hr/> 37273,60

Les dépenses du Compte II, pendant cette même année, se rapportant toutes à la détermination de la masse du décimètre cube d'eau, ont été les suivantes :

En premier lieu, on a, conformément à une décision du Comité (*Procès-verbaux*, 1897; p. 134), transféré au Compte II une somme de..... fr 2500,00 payée à MM. Bariquand et Marre, constructeurs à Paris, comme premier à-compte pour le prix d'appareils de mesure relatifs à cette question et qui avait été soldée primitivement par les ressources disponibles du Compte III (*Procès-verbaux*, 1897; p. 29).

Pendant le courant de 1897, on a ajouté les dépenses suivantes :

Bariquand et Marre, solde du prix de leurs appareils .....	1367,65	
Jobin, cubes, plans de verre, pièces optiques.	1441,00	
Le total des dépenses a donc été .....	5308,65	
Il en résulte que l'actif du Compte II, à la fin de l'exercice de 1897, restait de .....		31964,95 <sup>fr</sup>

B. Rien n'a été changé à cette situation pendant l'exercice de 1898.

Il faut ajouter que, le déficit du Compte IV ayant été couvert, comme on le verra plus loin, par les ressources disponibles du Compte III, cet actif de 31964<sup>fr</sup>,95 reste actuellement entièrement disponible.

### III. — Frais annuels.

A. Le Compte III possédait au commencement de 1897, en tenant compte de la somme de 2500<sup>fr</sup>, transférée, ainsi que cela a été déjà indiqué, du Compte III au Compte II, un actif disponible de (*Proc.-verb.*, 1897, p. 32 et p. 134)..... fr 40472,43

Pendant l'année 1897, les recettes ont été les suivantes :

I. Contributions réglementaires pour 1897 .. 44482,00<sup>fr</sup>

C'est-à-dire la somme réglementaire de 75 000<sup>fr</sup>

A reporter...	44482,00	40472,43
---------------	----------	----------

	Report.....	44082,00	40172,43
	diminuée des contributions non rentrées de :		
		fr	
	la Belgique.....	1257	
	la Confédération Argentine....	978	
	le Danemark.....	140	
	l'Espagne.....	5447	
	les États-Unis d'Amérique....	8729	
	la Grande-Bretagne et l'Irlande	4888	
	le Pérou.....	559	
	le Portugal.....	978	
	la Russie.....	<u>7542</u>	
		30518	

II. Contributions arriérées rentrées en 1897. 5728,00

III. Intérêts bonifiés :

1° Par la Caisse des dépôts et con-			
signations.....	2098,20		
2° Par MM. Lécuyer et C <sup>ie</sup> .....	<u>31,10</u>		
		2129,30	
		<u>52339,30</u>	

Le total des actifs du Compte III a donc été en 1897 de.. 92811,73

Les dépenses de ce même Compte sont indiquées dans le Tableau suivant, où on les a mises en regard des prévisions (*Proc.-verb.* de 1895, p. 84).

6

Prévisions. Dépenses. En plus. En moins.

A. Personnel....	<table border="0"> <tr> <td>Directeur.....</td> <td rowspan="5">}</td> <td rowspan="5">42500</td> <td rowspan="5">fr</td> <td rowspan="5">40090,90</td> <td rowspan="5">fr</td> <td rowspan="5">2409,10</td> </tr> <tr> <td>Adjoins.....</td> </tr> <tr> <td>Aides.....</td> </tr> <tr> <td>Mécanicien.....</td> </tr> <tr> <td>Garçon de bureau.....</td> </tr> <tr> <td>Concierge.....</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Directeur.....	}	42500	fr	40090,90	fr	2409,10	Adjoins.....	Aides.....	Mécanicien.....	Garçon de bureau.....	Concierge.....						
Directeur.....	}	42500							fr	40090,90	fr	2409,10							
Adjoins.....																			
Aides.....																			
Mécanicien.....																			
Garçon de bureau.....																			
Concierge.....																			
B. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00																	
C. Frais généraux d'administration.																			
1. Entretien des bâtiments, dépenses, mobilier.....	4000	4255,60	fr	255,60															
2. Entretien des machines.....	200	111,55			88,45														
3. Entretien des instruments.....	800	711,90			88,10														
4. Frais d'atelier.....	400	468,10		68,10															
5. » de laboratoire.....	900	1066,00		166,00															
6. Achat de glace.....	900	208,00			692,00														
7. Frais de chauffage.....	2700	2756,00		56,00															
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3000	3102,70		102,70															
9. Concession d'eau.....	200	128,70			71,30														
10. Primes d'assurance.....	353	348,95			4,05														
11. Frais de bureau.....	600	631,15		31,15															
12. Bibliothèque.....	800	800,00																	
13. Frais d'impressions et publications.....	8000	3000,00			5000,00														
14. Frais de secrétariat.....	1000	524,65			475,35														
15. Frais divers et imprévus.	<table border="0"> <tr> <td>Gratifications.....</td> <td rowspan="3">}</td> <td rowspan="3">2647</td> <td rowspan="3">fr</td> <td rowspan="3">1314,10</td> <td rowspan="3">fr</td> <td rowspan="3">1332,90</td> </tr> <tr> <td>Frais de transports.</td> </tr> <tr> <td>» de banquier..</td> </tr> <tr> <td>» divers.....</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Gratifications.....	}	2647	fr	1314,10	fr	1332,90	Frais de transports.	» de banquier..	» divers.....								
Gratifications.....	}	2647							fr	1314,10	fr	1332,90							
Frais de transports.																			
» de banquier..																			
» divers.....																			
Total.....	75000	65518,30		679,55	10161,25														
Donc en moins.....				9481 <sup>fr</sup> ,70															

Les dépenses du Compte III se sont donc élevées en 1897 à..... fr 65518,30

Mais, en outre, le Compte III a soldé, conformément à une décision du Comité, sur ses excédents disponibles, le déficit du Compte IV (*voir plus loin*) montant à .. 1935,50

Ce qui amène le total à..... 67453,80

Le total des actifs ayant, d'autre part, été, comme on vient de le voir, pendant ce même exercice, de...	92811,73 <sup>fr</sup>
Il restait au 31 décembre 1897, sur le Compte III, un actif disponible de .....	<u>25357,93</u>

B. Pendant l'année 1898, le Compte III a ajouté à cet actif les recettes suivantes :

I. Contributions réglementaires pour 1898. 55586,00<sup>fr</sup>

C'est-à-dire la somme réglementaire de 75 000<sup>fr</sup> diminuée des contributions non rentrées de :

l'Espagne.....	5447 <sup>fr</sup>
la Grande-Bretagne et Irlande.	4888
le Pérou.....	559
le Portugal.....	978
la Russie.....	<u>7542</u>
	19414

II. Contributions arriérées rentrées en 1898 29959,00

III. Intérêts bonifiés :

1° Par la Caisse des dépôts et consignations .....	2362,85	
2° Par MM. Lécuyer et C <sup>ie</sup> ...	<u>30,05</u>	
		<u>2392,90</u>
		<u>87937,90</u>

Le total des actifs du Compte III s'est donc élevé, en 1898, à.....	113295,83
---	-----------

D'autre part, les dépenses de ce Compte, pendant la même période, sont données dans le Tableau ci-après, où elles sont mises en regard des prévisions (*Proc.-verb.* de 1897, p. 134), qui étaient d'ailleurs les mêmes que pour l'exercice précédent.

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel... {				
Directeur.....				
Adjoints.....				
Aides.....				
Mécanicien....	42500 <sup>fr</sup>	40909,00 <sup>fr</sup>		1591,00 <sup>fr</sup>
Garçon de bu- reau.....				
Concierge.....				
. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration :				
1. Entretien des bâtiments, dépen- dances, mobilier.....	4000	4214,35	214,35 <sup>fr</sup>	
2. Entretien des machines.....	200	54,40		145,60
3. Entretien des instruments.....	800	859,95	59,95	
4. Frais d'atelier.....	400	671,70	271,70	
5. Frais de laboratoire.....	900	1427,30	527,30	
6. Achat de glace.....	900	312,50		587,50
7. Frais de chauffage.....	2700	1964,90		735,10
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3000	3004,45	4,45	
9. Concession d'eau.....	200	120,90		79,10
10. Primes d'assurance.....	353	348,95		4,05
11. Frais de bureau.....	600	521,90		78,10
12. Bibliothèque.....	800	1229,90	429,90	
13. Frais d'impressions et publica- tions.....	8000	1638,41		6361,59
14. Frais de secrétariat.....	1000	142,40		857,60
15. Frais divers {				
Gratifications.....				
Frais de transports.				
» de banquier..	2647	1389,90		1257,10
» divers.....				
Total.....	75000	64810,91	1507,65	11696,74
Donc en moins.....			10189,09	

Les dépenses du Compte III se sont donc élevées, en  
1898, à..... fr  
64810,91

Comme le total des actifs s'est élevé, ainsi qu'on vient  
de le voir, à.....  
113295,83

Il en résulte qu'il reste au 31 décembre 1898, au  
Compte III, un actif disponible de..... 48484,92

Il n'y a à présenter, sur ces deux comptabilités, qu'un très petit nombre d'observations. En comparant les dépenses des divers chapitres aux prévisions, on voit que, d'une manière générale, celles-ci se sont trouvées assez exactement vérifiées. Quelques excédents sur quelques chapitres, *frais d'atelier, frais de laboratoire*, particulièrement sur l'exercice de 1898, sont dus à ce qu'on a inscrit sur ces comptes un certain nombre de dépenses avancées par le Bureau pour la confection des étalons décimétriques qu'il s'est chargé de faire construire : fourniture du métal, outillage et travaux divers commandés à l'extérieur. Ces excédents sont plus que compensés par des économies sensibles réalisées sur d'autres chapitres. La plus considérable de ces économies est celle qui porte sur les *frais d'impressions et publications*. Elle tient pour la plus grande partie à ce que, toujours surchargés de travaux pressants et manquant de temps, ni MM. Chappuis et Guillaume, ni moi, nous n'avons pu nous mettre encore sérieusement à la préparation et à la rédaction du tome XII des *Travaux et Mémoires*, qui a été seulement commencé par l'impression de mon *Rapport sur la relation du Yard au Mètre*, imprimé et tiré à part déjà depuis assez longtemps. Par contre, l'achèvement du tome IX, qui contient la seconde partie des travaux de M. Thiesen sur les Kilogrammes prototypes, retardé depuis si longtemps et qui vient enfin de paraître, nous a permis de liquider notre compte chez MM. Gauthier-Villars. Après les divers acomptes que nous avons payés de 1894 à 1897, et qui ont été indiqués dans nos comptabilités successives, il nous restait à solder, sur l'ensemble des impressions faites pendant la même période, une somme de 3676<sup>fr</sup>, 61. Toutefois, cette dette a été diminuée d'une somme de 2038<sup>fr</sup>, 20, provenant de la vente des publications du Comité et du Bureau depuis 1890 jusqu'à la fin de 1898. La note à régler s'est donc trouvée réduite à 1638<sup>fr</sup>, 41, qui ont été imputés sur l'exercice de 1898. Il convient d'ajouter que l'impression du *Rapport sur le Yard* dont je viens de parler n'a pas été comprise dans ce compte et reste encore due à nos éditeurs.

L'excédent assez sensible de la dépense du Chapitre 12 (*Bibliothèque*) est dû à ce que nous avons cru devoir profiter d'une bonne occasion qui s'est offerte à nous, pour enrichir notre bibliothèque de l'importante collection constituée par la troisième série des *Annales de Chimie et de Physique*, allant de 1841 à 1877 et comprenant 111 volumes, que nous avons pu acquérir pour une somme totale de 655<sup>fr</sup>.

#### IV. — Frais des Prototypes nationaux et de leurs accessoires.

D'après les <i>Procès-verbaux</i> de 1897, page 35, la situation du Compte IV, au commencement de 1897, se soldait par un déficit de.....	fr 2470,50
auquel il avait été provisoirement pourvu par les ressources disponibles du Compte II. Pendant l'année 1897, le Compte IV a eu une recette de.....	535,00
provenant du remboursement, par le Gouvernement autrichien, du prix des accessoires de son étalon à bouts, en sorte que le déficit s'est trouvé réduit, à la fin de l'exercice, à.....	<hr/> 1935,50

Le versement dont je viens de parler était la dernière recette qui devait rentrer au Compte IV. D'autre part, le chapitre des dépenses de ce même Compte est également clos, en sorte que le déficit de 1935<sup>fr</sup>, 50 constitue un résultat désormais invariable et définitif. L'origine de ce déficit a déjà été expliquée antérieurement (*Pr.-verb.* de 1894, p. 70). Il tient à ce que les recettes du Compte IV ont été limitées à celles qui avaient été prévues et spécifiées dans le *Rapport spécial financier aux Gouvernements* de novembre 1887, comme représentant les sommes dues au Bureau international par les Gouvernements à titre de remboursement des dépenses faites par ce dernier pour les divers accessoires devant accompagner les nouveaux Prototypes du Mètre et du Kilogramme, accessoires que le Bureau s'était chargé de faire construire en faisant l'avance des frais. Dans la réalité, les dépenses du Compte IV se sont trouvées sensiblement plus fortes que ces prévisions, parce qu'elles ont dû comprendre un certain nombre de fournitures et de frais (certificats, étuis, écrins, boîtes d'emballage, frais de transport, etc.) qui n'avaient point été considérés, et aussi parce que l'évaluation de certaines dépenses, telles par exemple que celles des études thermométriques, n'avait pu être faite d'avance que d'une manière approximative.

Le moment est donc venu de mettre à exécution une décision déjà ancienne du Comité relative à la liquidation définitive du Compte IV. Afin d'éviter les difficultés qu'auraient pu entraîner une équitable répartition, entre les intéressés, de ces frais supplémentaires et la demande d'une subvention spéciale pour les couvrir, le Comité a, en

effet, résolu de les prendre à sa charge et de solder le déficit restant de ce Compte par les disponibilités du Compte III (*Proc.-verb.* de 1894, p. 166, et 1895, p. 87) aussitôt que la dernière rentrée attendue aurait eu lieu. On a vu plus haut que, en conséquence, la somme de 1935<sup>fr</sup>,50 a été inscrite, dans l'exercice de 1897, pour cet objet, aux dépenses du Compte III. Ainsi se trouve définitivement clôturé et disparaît de la comptabilité du Bureau international un compte, qui, créé il y a quelques années en vue de besoins temporaires, n'a plus aujourd'hui aucune raison d'être.

**V. — Compte de la subvention extraordinaire et des anciens arriérés de contributions.**

A. D'après les *Procès-verbaux de* 1897, le Compte V possédait, au commencement de 1897, un actif de..... 67255,10<sup>fr</sup>

Conformément aux propositions portées devant la Conférence générale de 1895, acceptées par les Gouvernements, et à la décision prise par le Comité dans sa séance du 22 avril 1897, une somme de..... 34803,10 a été, pendant l'exercice de 1897, transférée, comme on l'a déjà vu, au Compte II.

L'actif disponible du Compte V reste donc, à la fin de 1897, de..... 32452,00  
somme qui doit être attribuée à la création du fond de réserve et de retraites, dont le principe a été admis par la Conférence générale de 1895 et dont le projet est encore actuellement à l'étude.

B. L'exercice de 1898 n'a rien changé à la situation qui vient d'être indiquée.

Je compléterai cet exposé financier, en y ajoutant les Tableaux des versements qui ont été faits par les États, au compte du Bureau international, pendant les deux exercices de 1897 et 1898.

VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL.

*Exercice de 1897.*

		Contri- butions arriérées.	Contri- butions pour 1897.
Févr.	1	Suède.....	978 <sup>fr</sup>
»	1	Norvège.....	419
»	4	Suisse.....	628
»	16	Italie.....	6075
Mars	26	Belgique (pour 1896).....	1257 <sup>fr</sup>
Avril	13	Mexique.....	2444
»	26	Japon.....	5447
Mai	15	France.....	8031
»	28	Portugal (pour 1896).....	978
Juin	19	Danemark (pour 1896).....	140
»	19	Roumanie.....	1047
»	28	Autriche.....	5028
»	28	Hongrie.....	3631
Juill.	21	Allemagne.....	10335
Nov.	10	Confédération Argentine (1894-95-96)	2934
»	20	Serbie (pour 1896).....	419
»	20	Serbie.....	419
			<hr/>
			5728    44482
			<hr/>
			50210

*Exercice de 1898.*

		Contri- butions arriérées.	Contri- butions pour 1898.
Janv.	20	Espagne (pour 1897).....	5447 <sup>fr</sup>
Févr.	4	Suisse.....	628 <sup>fr</sup>
	4	Danemark (pour 1897).....	140
Mars	5	Allemagne.....	10335
»	5	Suède.....	978
»	5	Norvège.....	419
			<hr/>
		A reporter.....	5587    12360

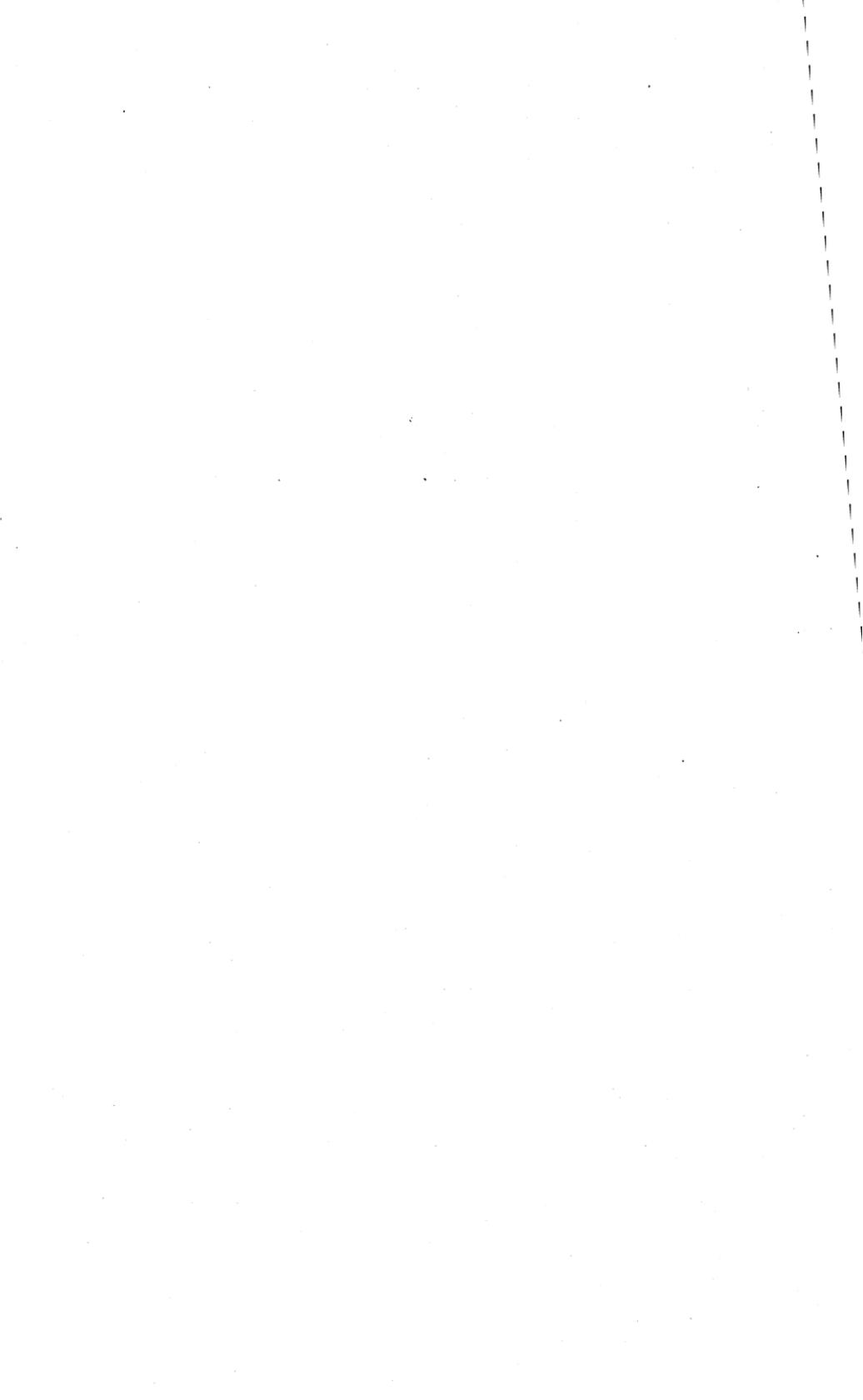
		Report.....	5587 <sup>fr</sup>	12360 <sup>f</sup>
Mars	5	États-Unis d'Amérique (pour 1897) .	8729	
»	5	États-Unis d'Amérique.....		8729
Avril	4	Japon .....		5447
»	6	Italie.....		6075
»	12	Belgique (pour 1897).....	1257	
»	12	G <sup>de</sup> -Bretagne et Irlande (pour 1897)..	4888	
»	25	Autriche .....		5028
»	35	Hongrie .....		3631
Mai	16	France.....		8031
»	18	Danemark.....		140
Août	1	Serbie.....		419
»	2	Roumanie .....		1047
Oct.	13	Belgique.....		1257
»	22	Russie (pour 1897).....	7542	
»	22	Mexique .....		2444
Nov.	10	Confédération Argentine (pour 1897) .	978	
»	10	Confédération Argentine .....		978
»	17	Portugal (pour 1897) .....	978	
			<u>29959</u>	<u>55586</u>
			85545	

Je m'abstiens de revenir sur les réflexions que m'inspiraient, dans mon précédent Rapport, les retards qui se produisent dans les rentrées des contributions, et de rappeler encore les conséquences fâcheuses qu'ils ont pour l'administration de l'Établissement international. Je me borne à remarquer que les arriérés des contributions non versées atteignaient, à la fin de 1897, la somme relativement énorme de 30 518<sup>fr</sup>. Ces arriérés sont, pour la plupart, rentrés au cours de l'exercice suivant; mais, d'autres retards s'étant encore produits, il y avait de nouveau, à la fin de 1898, un arriéré total de 19 973<sup>fr</sup>. J'ajoute enfin que, d'après les renseignements que j'ai reçus de la Caisse des Dépôts et Consignations, aucun de ces derniers arriérés n'est encore rentré jusqu'à présent, et les contributions sur l'exercice courant qui ont été versées à la date actuelle, c'est-à-dire au milieu d'avril, se réduisent à *deux*, celles de la Suisse et de l'Italie, soit une somme totale de 6 703<sup>fr</sup>.

Comme lors de la précédente session, il me paraîtrait sans intérêt

de donner, dès à présent, dans ce Rapport, d'autres détails sur l'exercice de l'année actuelle. Cet exercice, qui est encore peu avancé, ne présente, d'ailleurs, rien que de normal, les dépenses déjà inscrites sur les divers chapitres étant toujours rentrées, plus que largement, dans les prévisions, et ne donnant matière à aucune observation.

On trouvera, ci-après, les Tableaux qui résument, sous la forme habituelle, la comptabilité du Bureau international et sa situation financière, telle qu'elle vient d'être exposée, pendant les deux exercices de 1897 et de 1898.



**COMPTES DE 1897.**

## COMPTE I.

### RECETTES.

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

Actifs au commencement de 1897 :	
Actifs disponibles.....	fr 17374,03
Recettes des taxes de vérifications.....	<u>1682,75</u>
Balance.....	<u>19056,78</u>

## COMPTE II.

### RECETTES.

#### Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de 1897 :	
Dû par le Compte IV.....	fr 2470,50
Fourni par le Compte V.....	<u>34803,10</u>
Balance.....	<u>37273,60</u>

## COMPTE I.

### DÉPENSES.

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

Société genevoise, machine à diviser.....	fr 4318,00
Solde des actifs à la fin de l'année 1897 :	
Actifs disponibles.....	<u>14738,78</u>
Balance.....	<u>19056,78</u>

## COMPTE II.

### DÉPENSES.

#### Frais des étalons et témoins internationaux.

Appareils pour la détermination du décimètre cube d'eau :	
Bariquand et Marre, appareil de mesure; premier versement,	fr
reporté au Compte III .....	2500,00
Id. deuxième versement, solde.....	1367,65
Jobin, cubes, plans de verre, pièces optiques .....	<u>1441,00</u>
	fr 5308,65
Solde des actifs à la fin de l'année 1897 :	
Actifs disponibles.....	<u>31964,95</u>
Balance.....	<u>37273,60</u>

### COMPTE III.

#### RECETTES.

##### Frais annuels.

Actifs au commencement de l'année 1897 :

Arriérés de contributions non rentrées :	fr
Belgique, 1896 .....	1257,00
Danemark, 1896 .....	140,00
Portugal, 1896.....	978,00
Serbie, 1896.....	419,00
Confédération Argentine, 1894-1896.....	<u>2934,00</u>

	fr
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1896...	5728,00
Actifs disponibles.....	<u>3273,00</u>
	37972,43

fr  
46973,43

Remboursé par le Compte II (appareils pour la détermination du décimètre cube d'eau).....	2500,00
Contributions réglementaires pour 1897.....	75000,00
Intérêts bonifiés .....	2129,30
Contributions réglementaires demandées au Vénézuéla pour 1897.....	<u>489,00</u>

Balance..... 127091,73

## COMPTE III.

### DÉPENSES.

#### Frais annuels.

A. — <i>Personnel.</i>				
Directeur	}			
Adjoints				
Aides			fr	
Mécanicien		.....	40090,90	
Garçon de bureau				
Concierge				
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i> .....			6000,00	
C. — <i>Frais généraux d'administration.</i>		fr		
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.		4255,60		
2. Entretien des machines .....		111,55		
3. Entretien des instruments .....		711,90		
4. Frais d'atelier.....		468,10		
5. Frais de laboratoire.....		1066,00		
6. Achat de glace .....		208,00		
7. Frais de chauffage.....		2756,00		
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.		3102,70		
9. Concession d'eau .....		128,70		
10. Primes d'assurances .....		348,95		
11. Frais de bureau.....		631,15		
12. Bibliothèque.....		800,00		
13. Frais d'impressions et publications .....		3000,00		
14. Frais de secrétariat .....		524,65		
15. Frais divers et imprévus ...	} .....	1314,10		
		} .....		
		19427,40	fr	
Fourni au Compte IV, pour la liquidation de ce Compte.....			65518,30	
			1935,50	
Solde des actifs à la fin de l'année 1897:				
Arriérés des contributions non rentrées :		fr		
Belgique, 1897 .....		1257,00		
Confédération Argentine, 1897.....		978,00		
Danemark, 1897.....		140,00		
Espagne, 1897.....		5447,00		
Etats-Unis d'Amérique, 1897.....		8729,00		
Grande-Bretagne et Irlande, 1897.....		4888,00		
Pérou, 1897.....		559,00		
Portugal, 1897.....		978,00		
Russie, 1897.....		7542,00		
			fr	
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1897.		30518,00		
Actifs disponibles.....		3762,00		
		25357,93		
			39637,93	
Balance .....			127091,73	

## COMPTE IV.

### RECETTES.

#### Frais des Prototypes nationaux et de leurs accessoires.

Remboursement du prix des accessoires d'un mètre à bouts par l'Autriche . . . . .	fr 535,00
Payé par le Compte III, pour la liquidation du Compte IV. . . . .	<u>1935,50</u>

Balance . . . . . 2470,50

## COMPTE V.

### RECETTES.

#### Compte de la subvention extraordinaire destinée à couvrir les anciens arriérés de contributions.

Actifs au commencement de l'année 1897 :	fr
Actifs disponibles . . . . .	<u>67255,10</u>

Balance . . . . . 67255,10

## COMPTE IV.

### DÉPENSES.

#### Frais des Prototypes nationaux et de leurs accessoires.

Remboursé au Compte II.....	fr <u>2470,50</u>
-----------------------------	----------------------

Balance.....	<u>2470,50</u>
--------------	----------------

## COMPTE V.

### DÉPENSES.

#### Compte de la subvention extraordinaire destinée à couvrir les anciens arriérés de contributions.

Fourni au Compte II.....	fr 34803,10
--------------------------	----------------

Solde des actifs à la fin de l'année 1897 :

Actifs disponibles.....	<u>32452,00</u>
-------------------------	-----------------

Balance... ..	<u>67255,10</u>
---------------	-----------------

## SOLDES A LA FIN DE 1897.

D'après les Tableaux précédents, les actifs disponibles à la fin de 1897 étaient :

Compte I.....	fr 14738,78
» II.....	31964,95
» III.....	25357,93
» V.....	32452,00
	<hr/>
	104513,66

Effectivement, les soldes possédés, au 31 décembre 1898, par nos trois comptes, étaient :

Solde à la Caisse des Dépôts et Consignations.	fr 98566,90
» chez MM. Lécuyer et C <sup>ie</sup> .....	1532,55
» dans la Caisse du Bureau.....	4414,21
	<hr/>
Total égal.....	104513,66



**COMPTES DE 1898.**

## COMPTE I.

### RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1898 :	
Actifs disponibles.....	fr 14738,78
Recettes des taxes de vérification.....	<u>1130,00</u>
Balance.....	<u>15868,78</u>

## COMPTE II.

### RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1898 :	
Actifs disponibles... ..	fr 37273,60
Balance.....	<u>37273,60</u>

## COMPTE I.

### DÉPENSES.

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

Solde des actifs à la fin de l'année 1898 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>15868,78</u>
Balance.....	<u>15868,78</u>

## COMPTE II.

### DÉPENSES.

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

Solde des actifs à la fin de l'année 1898 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>37273,60</u>
Balance.....	<u>37273,60</u>

### COMPTE III.

#### RECETTES.

#### III. — Frais annuels.

Actifs au commencement de l'année 1898 :

Arriérés de contributions non rentrées :

	fr
Belgique, 1897.....	1257,00
Confédération Argentine, 1897.....	978,00
Danemark, 1897.....	140,00
Espagne, 1897.....	5447,00
États-Unis d'Amérique, 1897.....	8729,00
Grande-Bretagne et Irlande, 1897.....	4888,00
Pérou, 1897.....	559,00
Portugal, 1897.....	978,00
Russie, 1897.....	<u>7542,00</u>

	fr
Arriérés des contributions du Vénézuéla, 1890-1897.....	30518,00
Actifs disponibles.....	<u>3762,00</u>
	25357,93

fr  
59637,93

Contributions réglementaires pour 1898 .....	75000,00
Intérêts bonifiés.....	2392,90
Contributions réglementaires demandées au Vénézuéla, pour 1898.....	<u>489,00</u>

Balance..... 137519,83

## COMPTE III.

### DÉPENSES.

#### III. — Frais annuels.

A. — *Personnel* :

Directeur	}	
Adjoint		
Aides		
Mécanicien		fr
Garçon de bureau		40909,00
Concierge		

B. — *Indemnité du Secrétaire*..... 6000,00

C. — *Frais généraux d'administration*.

1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.	fr	
2. Entretien des machines.....	4214,35	
3. Entretien des instruments.....	54,40	
4. Frais d'atelier.....	859,95	
5. Frais de laboratoire.....	671,70	
6. Achat de glace.....	1427,30	
7. Frais de chauffage.....	312,50	
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	1964,90	
9. Concession d'eau.....	3004,45	
10. Primes d'assurance.....	120,90	
11. Frais de bureau.....	348,95	
12. Bibliothèque.....	521,90	
13. Frais d'impressions et publications.....	1229,90	
14. Frais de secrétariat.....	1638,41	
15. Frais divers et imprévus... {		
Gratifications		
Frais de transports		
» de banquier		
» divers		
	142,40	
	1389,90	
	<hr/>	
	17901,91	fr
		64810,91

Solde des actifs à la fin de l'année 1898 :

Arriérés de contributions non rentrés :

Espagne, 1898.....	5447,00
Grande-Bretagne et Irlande, 1898.....	4888,00
Pérou, 1897-1898.....	1118,00
Portugal, 1898.....	978,00
Russie, 1898.....	7542,00

Arriérés des contributions du Vénézuéla, 1890-1898.....	19973,00
Actifs disponibles.....	4251,00
	<hr/>
	48484,92

	72708,92
Balance.....	<hr/>
	137519,83

COMPTE V.

RECETTES.

V. — Compte de la subvention extraordinaire destinée à couvrir  
les anciens arriérés de contributions.

Actifs au commencement de l'année 1898 :	*
Actifs disponibles.....	32452,00 <sup>fr</sup>
	<hr/>
Balance.....	32452,00
	<hr/>



## SOLDES A LA FIN DE 1898.

---

D'après les Tableaux précédents, les actifs disponibles à la fin de 1898 sont :

Compte I.....	fr 15868,78
» II.....	31964,95
» III.....	48484,92
» V.....	32452,00
	<hr/>
	128770,65

Ce total est effectivement celui des soldes possédés au 31 décembre 1898 par nos trois comptes, savoir :

Solde à la Caisse des Dépôts et Consignations.	fr 120310,75
» chez MM. Lécuyer et C <sup>ie</sup> .....	5273,20
» dans la Caisse du Bureau.....	3186,70
	<hr/>
Total égal.....	128770,65



## V. — Travaux.

Je vais maintenant passer en revue, comme de coutume, rapidement et en réservant plus de détails soit pour des Rapports complémentaires, soit pour des explications données en présence même des appareils, les divers travaux sur lesquels s'est exercée l'activité du Bureau depuis la dernière session. Je commencerai par ceux dont je me suis personnellement occupé plus particulièrement.

En avril 1897, notre machine à diviser, construite par la Société genevoise, venait d'être installée, sur les piliers montés dans ce but, dans la Salle V de notre observatoire. J'ai donné, dans mon précédent Rapport, une description sommaire de ce bel instrument, qui nous a déjà rendu et qui nous rendra encore les plus grands services. Toutefois, pour le rendre apte à satisfaire commodément aux divers buts que nous pouvons nous proposer, et en premier lieu à la confection des étalons décimétriques, centimétriques et millimétriques que le Bureau s'est chargé de livrer aux Gouvernements, administrations, savants, etc., j'ai dû le compléter en lui ajoutant quelques organes que j'indiquerai brièvement.

En premier lieu, l'exécution d'une division de premier ordre comporte généralement, après le tracé des traits *transversaux* qui forment l'échelle, le tracé de deux traits *longitudinaux*, parallèles, convenablement placés, séparés par un petit intervalle qui définit l'*axe* de la règle, c'est-à-dire la partie utile des traits, celle sur laquelle se fait l'étude des erreurs de la division, et qui doit être exclusivement employée dans les applications. Pour tracer ces traits longitudinaux, le tracelet est maintenu immobile, dans une position convenable, appuyant sur la règle, qui glisse au-dessous de lui, entraînée d'un mouvement lent et uniforme par le déplacement continu du chariot sur lequel elle est fixée. Il faut donc, pour cette opération, substituer un mouvement continu au mouvement alternatif de la tête de vis, c'est-à-dire au mouvement périodiquement interrompu de l'écrou, qui forme la division elle-même. A cet effet, on démonte la manivelle fixée à l'extrémité de l'arbre moteur, et qui, par une corde et un contrepoids, entraîne la vis. On lui substitue une grande poulie à gorge, sur laquelle passe une corde qui s'enroule d'autre part sur une seconde poulie plus petite, calée sur l'axe de la tête de vis. Celle-ci est rendue solidaire de la vis elle-même par une pince de serrage de forme appropriée. On la libère

en supprimant les *butées* d'avant et d'arrière et en relevant les doigts des encliquetages. En même temps, on détache le tracelet du levier qui lui transmet le mouvement alternatif, et on l'amène dans la position voulue, qui a été déterminée par une étude préalable. La machine est alors prête à fonctionner dans les nouvelles conditions. J'ai fait construire dans notre atelier les poulies et les autres pièces nécessaires pour cette transformation, qui doit être recommencée pour le tracé de chaque nouvelle règle.

Une autre adjonction que j'ai faite à la machine est celle d'une échelle divisée de 1 mètre, disposée de manière à indiquer à chaque moment la position du chariot. Cette connaissance est indispensable pour être assuré de placer les traits que l'on trace dans les positions exactes qu'ils doivent occuper, par exemple par rapport aux chiffrisons qui ont été déjà antérieurement frappées sur la règle à construire; elle est nécessaire aussi pour limiter aux points voulus, soit à l'origine, soit à la fin, les traits longitudinaux. J'ai tracé cette échelle au moyen de la machine à diviser elle-même, sur une règle mince en nickel; elle a été ensuite fixée sur la partie antérieure du banc. Un repère attaché au chariot et portant un trait se déplace le long de sa division. En complétant la lecture de la règle par celle de la tête de vis, on connaît la position exacte qu'occupe le chariot, arrêté à un point quelconque de sa course, et l'on peut toujours le ramener dans cette même position, à quelques microns près.

Une troisième adjonction utile est celle d'un interrupteur, relié au chariot, qui rompt automatiquement le courant actionnant le moteur au moment où le dernier trait de la division vient d'être tracé, et dispense ainsi l'opérateur de se tenir près de la machine, lorsque la division approche de sa fin; pour la surveiller et l'arrêter au moment voulu. J'ai fait construire cette petite pièce dans notre atelier. Elle n'est pas tout à fait terminée et n'a pu être encore adaptée à la machine.

J'ai dû changer le premier moteur que nous avons adapté à la machine; et que l'expérience nous a montré être un peu insuffisant pour assurer une marche bien régulière. Je l'ai remplacé provisoirement par le moteur, plus fort, autrefois construit par la Société genevoise pour actionner la circulation d'eau de notre comparateur géodésique, et qui n'a pas d'emploi actuellement.

Avant de commencer tout tracé, une étude préliminaire s'impose : c'est celle des tracelets eux-mêmes qui doivent servir à le faire. Ces

tracelets, pour des étalons de premier ordre, tels que ceux qui nous intéressent et qui doivent être tracés en traits très fins et très nets, sont constitués par de petits éclats de diamant, sertis à l'extrémité d'une tige cylindrique d'acier ou de nickel. Il est très difficile, plutôt même impossible, de se rendre compte par un simple examen, à la loupe ou au microscope, du résultat que fournira une pointe de diamant donnée. On n'y arrive que par l'expérience, au moyen de tâtonnements systématiques. A cet effet, le tracelet est monté sur la machine à diviser par l'intermédiaire d'une sorte de douille, percée d'un canal cylindrique vertical, dans l'intérieur duquel il peut tourner autour de son axe dans tous les azimuts. Autour de lui, on dispose un cercle divisé, centré sur cet axe. Un index, qui se fixe à la tige du tracelet, permet de le faire tourner successivement de petits angles, qui sont mesurés sur le cercle. Dans chaque position, on fait fonctionner la machine, et l'on trace sur une surface d'essai quelques traits, que l'on examine au microscope. On arrive ainsi à déterminer l'orientation pour laquelle le résultat obtenu est le plus satisfaisant. Le tracelet est alors fixé définitivement dans sa douille, dont il restera désormais solidaire, et qui est disposée de manière à pouvoir être à volonté retirée de la machine et remise en place exactement dans la même position.

Ce travail est assez long et délicat. Certaines pointes de diamant n'ont point de *bonne coupe*, c'est-à-dire que, dans aucune position, elles ne donnent de traits satisfaisants. D'autres tracent *double*, et l'on est également obligé de les abandonner. J'en ai étudié un certain nombre, et en ai finalement choisi deux, ayant des coupes perpendiculaires l'une à l'autre, l'une pour les traits transversaux, l'autre pour les traits longitudinaux. Une petite étude complémentaire est nécessaire, une fois ces pointes ajustées, pour déterminer les positions relatives exactes de leurs points de contact respectifs sur la surface à tracer lorsqu'on les substitue l'une à l'autre. En effet, la pointe traçante du diamant est inévitablement mal centrée sur l'axe géométrique du tracelet, et la substitution produit un déplacement, dont il faut tenir compte pour placer convenablement les traits longitudinaux.

Un autre point qui a attiré mon attention est la marche du tracelet pendant l'exécution d'un trait. Tous ceux qui se sont occupés d'opérations de ce genre savent que, pour que le trait obtenu soit net, sans bavures, sans interruptions ni ressauts, il faut que la

pointe de diamant se meuve avec une grande lenteur et avec une parfaite régularité. Je donnerai ici quelques explications sur la manière dont est produit ce mouvement, sans me dissimuler que ces explications, à moins d'être étendues bien au delà des limites dans lesquelles je dois me maintenir dans ce Rapport, ne pourront être complètement comprises qu'en présence de la machine même, à l'examen de laquelle je convie le Comité à l'issue d'une de nos séances. Le cycle complet du mouvement de la machine à diviser correspond à une révolution de l'arbre moteur, qui est entraîné d'un mouvement uniforme par une dynamo, avec un train réducteur intermédiaire. Pendant la première phase, la vis est entraînée, l'écrou avance et fait marcher le chariot et la règle qu'il porte de la quantité permise par les butées, qui ont été d'avance ajustées dans les positions requises pour la division qu'on veut obtenir. Dans la deuxième phase, le mouvement de la tête de vis est inverse; mais celle-ci revient seule à son point de départ, laissant la vis, l'écrou et le chariot immobiles. Pendant ce temps, le tracelet s'abaisse d'abord, puis glisse d'avant en arrière sur la surface de la règle, d'une longueur correspondant au trait qu'on veut obtenir, puis se relève. En même temps, un encliquetage fait avancer d'une dent le barillet à encoches qui règle les longueurs des traits, de manière à préparer le tracé du trait suivant. L'abaissement et le relèvement du tracelet sont produits au moyen d'une came qui exécute un petit mouvement angulaire, alternativement dans un sens et dans l'autre, à deux instants déterminés, dont l'intervalle a une durée d'un tiers à peu près de la durée du cycle complet. Le tracé du trait doit se faire tout entier entre ces deux instants; et, si la machine fonctionne au mieux et, pour ainsi parler, avec le meilleur rendement, il doit se faire en utilisant l'étendue entière de cet intervalle. En d'autres termes, le glissement du tracelet doit commencer presque immédiatement après que celui-ci s'est abaissé, et ne s'achever que très peu avant le moment où il va se relever. Ce glissement du tracelet est obtenu par une oscillation du cadre auquel il est suspendu autour d'un axe horizontal, et cette oscillation elle-même est produite par le roulement d'un galet le long du bord d'un arc directeur qui est fixé à ce cadre et l'entraîne avec lui. Tous les mouvements dont je viens de parler sont d'ailleurs reliés au mouvement de rotation de l'arbre moteur principal, à l'aide d'un excentrique en forme de cœur et d'un grand levier oscillant, que je me borne à mentionner.

La vitesse et la régularité du mouvement du tracelet dépendent de

la courbure de l'arc directeur. La Société genevoise avait joint à la machine quatre arcs, qui peuvent se substituer à volonté l'un à l'autre, et présentent des courbes différentes appropriées au tracé de traits de longueurs diverses. En les examinant de près, j'ai reconnu qu'aucun d'eux ne satisfaisait suffisamment aux conditions que je viens de poser, pour des tracés du type de ceux que nous nous proposons de réaliser sur nos étalons décimétriques. Le mouvement du tracelet, pendant le tracé, est alors trop rapide; pour le ralentir, il faudrait ralentir la marche générale de la machine. Or, si l'on considère que, pour tracer un mètre entier, à raison d'un avancement d'un millimètre par minute, vitesse que nous avons finalement adoptée, il faut près de dix-sept heures de marche continue, on concevra qu'on ne peut pas aller trop loin dans cette voie. Je me suis donc proposé de déterminer des courbes directrices satisfaisant exactement aux conditions indiquées, pour divers types de traits. A cet effet, j'ai monté autour de l'axe de l'arbre moteur une planchette portant une division angulaire, aux divers traits de laquelle pouvait venir se superposer successivement un repère fixé à la manivelle qui le termine. Une installation semblable a été adaptée à l'axe autour duquel tourne le galet qui agit sur la courbe directrice. J'ai ainsi déterminé les mouvements relatifs simultanés de ces deux axes, et, ces relations une fois connues, j'ai pu calculer les coordonnées d'un certain nombre de courbes appropriées à différents tracés. J'en ai dessiné les épures et fait construire dans notre atelier celle qui convient au cas que nous avons en vue. Dans ces conditions, le déplacement du tracelet correspondant à un trait de 5 millimètres de longueur se fait en vingt secondes environ, avec une vitesse rigoureusement uniforme.

Je passe sur quelques autres études préliminaires, telles que celle de la charge des tracelets, et j'arrive à l'étude de la vis elle-même. Celle-ci n'est pas encore terminée. La Société genevoise avait fourni une courbe de correction approximative et provisoire. Depuis lors, j'ai redéterminé cette courbe deux fois. Cette détermination se fait par la mesure des erreurs de division d'une échelle tracée par la machine, la queue de l'écrou étant guidée par le bord d'une règle rectiligne. Elle représente un long et laborieux travail. Je n'ai pas trouvé les résultats obtenus, bien que présentant une analogie générale, suffisamment concordants pour les considérer comme définitifs, et pour faire déjà exécuter matériellement la courbe sur la règle de

correction. Cela tient à ce que ces premières épreuves ont été faites dans des conditions encore imparfaites; la machine était actionnée alors par un moteur à marche peu régulière; de plus elle n'était pas encore couverte de sa vitrine, et était par suite exposée à des variations sensibles de température pendant le tracé des échelles. Depuis, j'ai retracé une nouvelle division dans des conditions meilleures; mais je n'ai pu encore l'étudier, parce que je n'avais pas la libre disposition du comparateur universel, occupé pour d'autres travaux.

Ces premières mesures, en tous cas, ont donné comme résultats généraux : 1° que les mille tours de la vis donnent le mètre exact à une température voisine de 6°, 5 environ; 2° que les erreurs de division sont partout très faibles, et ne dépassent nulle part quelques microns.

Une étude plus complète a été faite de la partie de la vis qui est seule employée pour les tracés de nos étalons décimétriques. Elle a montré que les erreurs de division, dans cette partie, atteignent au maximum et exceptionnellement de 1<sup>μ</sup>, 5 à 2<sup>μ</sup>. J'espère arriver à les réduire encore dans l'exécution des prochains tracés.

La machine étant ainsi réglée dans toutes ses parties et suffisamment étudiée, nous avons pu nous mettre à l'exécution des étalons décimétriques, centimétriques et millimétriques en acier-nickel. Nous avons espéré, ainsi que cela a été dit dans le dernier Rapport adressé par le Comité aux Gouvernements, être en mesure de livrer les premiers de ces étalons aux intéressés vers les derniers jours de l'année dernière. Diverses causes, en premier lieu les manques de parole ou les retards des fournisseurs, constructeurs ou ouvriers dont la collaboration ou l'aide nous étaient indispensables; diverses circonstances accidentelles, indépendantes de notre volonté; enfin certaines difficultés imprévues que nous avons rencontrées nous-mêmes dans la partie du travail que nous nous étions plus particulièrement réservée, ne nous ont permis de commencer à tracer qu'au commencement de février.

J'indiquerai brièvement que l'acier-nickel, fourni par la Société de Commentry-Fourchambault sous la forme de petits barreaux de 15<sup>cm</sup> environ de longueur sur 20<sup>mm</sup> de largeur et 8<sup>mm</sup> d'épaisseur, a été d'abord dressé et raboté sur ses deux faces, puis soumis à une série de recuits systématiques, à des températures graduellement

décroissantes depuis 100° jusqu'à la température ambiante, conformément aux procédés que M. Guillaume a établis par ses études antérieures sur cet alliage. La durée totale de ces recuits doit être de six à huit mois. Pendant tout ce temps, une règle de comparaisor, fabriquée en même temps, du même métal et de même forme, mais laissée entière à la longueur de 1 mètre, a été soumise exactement aux mêmes traitements que les réglettes, et a permis de se rendre compte d'une manière continue, depuis l'origine, de leurs modifications et de leur état. Le recuit terminé, on procède à un premier polissage, donnant un poli mat, sur lequel se fait la chiffraison. Après avoir longtemps hésité et avoir soigneusement examiné la question, nous nous sommes décidés, afin d'éviter bien des difficultés, à faire cette chiffraison nous-mêmes par le procédé du poinçonnage, à l'aide d'un petit outil spécial dont M. Guillaume a étudié les détails et que nous avons fait construire dans ce but. La surface reçoit enfin le poli définitif ou spéculaire, ce qui est de toutes les opérations la plus délicate et la plus difficile, et après laquelle se fait le tracé.

Je pourrai montrer au Comité quelques-unes de ces règles, que j'ai tracées au cours de ces dernières semaines, mais qui ne sont point encore étudiées. Je n'ai pu déterminer jusqu'à présent que les deux premières, destinées à la *Normal Aichungs Commission* de Berlin, qui nous avait adressé la première demande de ces nouveaux étalons. Elles ont été remises en effet à M. le Dr Weinstein, lorsque celui-ci est venu dernièrement apporter à Breteuil les étalons pour lesquels la *Normal Aichungs Commission* désire une nouvelle détermination.

Le Comité jugera, après examen, de la valeur de ces nouveaux étalons : il nous semble qu'ils réalisent, à bien peu près, tout ce que l'on peut obtenir de la matière mise en œuvre, et qu'ils sont aptes à satisfaire aux besoins les plus exigeants de la métrologie actuelle.

Il nous a paru intéressant d'ajouter, à titre de comparaison pour l'avenir, à la série en acier-nickel dont nous avons entrepris la construction, et qui comprend une cinquantaine de ces réglettes, encore quelques réglettes semblables en nickel pur. Nous avons acquis, dans ce but, quelques barres de ce dernier métal, de la Société le *Ferro-nickel*. Elles ont été préparées comme les autres ; mais elles n'exigent qu'un court recuit, destiné à faire disparaître les tensions que le travail mécanique peut avoir laissées dans la matière.

J'ajouterai, en terminant, qu'un assez grand nombre de demandes de ces nouveaux étalons (27) nous ont été déjà adressées de divers côtés. Il faudra évidemment, pour satisfaire à ces demandes et à celles qui pourront encore venir, un temps assez long. En outre de celui qui est nécessaire pour la construction, il faut compter aussi celui qu'exige l'étude des divisions. Nous avons adopté, pour faire celle-ci, un schéma un peu simplifié, permettant cependant des contrôles suffisants et garantissant l'exactitude des résultats; schéma très analogue, comme combinaison d'observations, à celui qui est employé dans le calibrage des thermomètres du type hypsométrique. Dans ce procédé, deux réglettes sont associées l'une à l'autre, et les corrections des deux divisions se déterminent symétriquement l'une par l'autre. L'étude des centimètres comprend 121 observations, chacune répétée deux fois, qui se combinent pour établir les valeurs de 18 inconnues indépendantes : l'étude des millimètres du premier centimètre est tout à fait analogue et représente le même travail. Il faut ensuite déterminer, par une étude spéciale, la valeur du millimètre isolé subdivisé en dixièmes, et celles de ses subdivisions. Enfin il reste à fixer la valeur du décimètre lui-même dans son entier, par comparaison avec un autre décimètre antérieurement étalonné. La détermination complète d'une paire de réglettes, ainsi faite, exige une dizaine de jours de travail d'un observateur et calculateur.

Je me suis occupé également de donner suite au point de notre programme qui concerne la construction d'une nouvelle règle, en acier-nickel, destinée à être étalonnée et à remplacer notre *Règle normale actuelle*. Celle-ci avait été étudiée par moi, avec le plus grand soin, il y a une quinzaine d'années, et, depuis lors, elle nous a rendu les plus grands services. Toutefois elle ne répond plus, d'une manière suffisante, aux exigences de nos mesures actuelles. La forme de sa section ne satisfait pas à la condition du plan neutre. La matière dont elle est formée est du bronze, sur lequel est incrustée une lame d'argent qui porte la division. Le poli, simplement doux, est médiocre; les traits, assez larges, ne sont pas partout bien nettement limités. Enfin, cette règle a servi à de très nombreuses mesures, a été, à bien des reprises, immergée dans de l'eau, et a dû subir un certain nombre de nettoyages, opérations qui, avec quelques précautions qu'elles soient faites, exposent toujours à altérer sensiblement les traits, surtout sur un métal mou et aisément atta-

quable. Nous avons pu reconnaître, comme je le dirai tout à l'heure, les inconvénients de cette insuffisance relative, particulièrement dans le grand travail que vient d'achever M. Guillaume pour la détermination de la masse du décimètre cube d'eau. Nous avons donc, déjà depuis longtemps, pensé à la remplacer par une nouvelle règle plus parfaite, et nous avons proposé, dans la précédente session, de recourir pour cette règle à l'alliage d'acier-nickel à dilatation minimum. Je pourrai montrer au Comité deux règles de cet alliage, que nous avons rabotées nous-mêmes, dans notre atelier, suivant la section en forme de H. Il reste à les polir avant d'exécuter la chiffraison et la division, que je ferai sur notre machine aussitôt que les étalons décimétriques seront terminés. Nous choisirons alors la meilleure des deux, comme poli de surface et comme tracé, pour en faire notre nouvelle Règle normale, et nous conserverons la seconde comme témoin.

Ici encore, il m'a paru utile d'avoir, à titre de comparaison, une ou deux règles semblables en nickel pur. J'ai fait raboter, dans ce but, suivant la même section, deux barres de ce dernier métal, que nous pourrions montrer au Comité.

Quant à la règle de 4 mètres, qui a été également projetée, sa construction était une chose autrement compliquée et qui sortait complètement des moyens dont nous disposons. Nous nous sommes adressés, pour la faire construire, à la Société de Commentry-Fourchambault, qui, après divers essais, a créé tout un outillage spécial pour la construire par le procédé du tirage au banc. Cet outillage vient d'être terminé, et nous espérons que la règle elle-même pourra être mise en fabrication très prochainement.

Je passe maintenant à un autre ordre de travaux, qui a absorbé une part assez importante de mon temps, pendant ce dernier exercice. Ces travaux sont relatifs à une demande considérable d'étalons de diverses sortes, faite par le Gouvernement japonais. Je rappelle que la première origine de cette affaire est très ancienne ; il en avait été déjà question au moment de la deuxième Conférence générale, et le Rapport présenté à cette époque par M. le Secrétaire contenait quelques documents qui s'y rapportaient. Elle est, depuis lors, restée en suspens, pendant plusieurs années. A la suite de divers pourparlers, les demandes primitives ont subi quelques modifications, et ce n'est qu'en 1897, peu après la précédente session du Comité, que M. Katô, alors secrétaire de la Légation du Japon, vint à Bre-

teuil apporter une demande ferme et définitive, comprenant les pièces dont suit l'énumération :

- 1° Un mètre en platine iridié, à section en X, semblable aux étalons antérieurement acquis par le Gouvernement japonais;
- 2° Deux étalons du *shaku* (unité de longueur = 0<sup>m</sup>,30303) en platine iridié, même section;
- 3° Un étalon du *demi-shaku*, en platine iridié, même section;
- 4° Un décimètre, en platine iridié, même section;
- 5° Un mètre, en nickel, à section en H, divisé en millimètres;
- 6° Un étalon du *shaku*, en nickel, à section en H;
- 7° Un décimètre, en nickel, à section en H;
- 8° Deux étalons du *kwan* (unité de masse = 3<sup>kg</sup>,75), en platine iridié, en forme de cylindre de hauteur égale au diamètre de la base;
- 9° Une série de poids, en nickel, de 500<sup>g</sup> à 1<sup>g</sup>;
- 10° Une série de poids, en nickel, de 1<sup>g</sup> à 1<sup>mg</sup>;
- 11° 4 thermomètres, du même modèle que ceux qui ont accompagné les prototypes.

A la demande de M. Soné Arasuke, qui était alors ministre du Japon à Paris, je me suis chargé de servir d'intermédiaire à la Légation pour la commande de ces diverses pièces, et d'en assurer la bonne exécution.

Le mètre, en platine iridié, a été fourni par le Conservatoire des Arts et Métiers, auquel il restait encore quelques-unes des règles construites en alliage de 1874. Cette règle n'était point achevée, et le Conservatoire s'était d'abord engagé à faire les mouches polies et les tracés dans un délai de six mois. Mais, en présence d'atermoiements continus et de renvois toujours renouvelés à une époque ultérieure, je me suis décidé, pour en finir avec cette affaire, à achever le mètre moi-même. Le polissage a été exécuté, dans notre atelier, par M. Huetz, sous ma direction, et j'ai fait les tracés, semblables, comme disposition des traits, à ceux des prototypes, au moyen de notre machine à diviser. Ces opérations ont, d'ailleurs, été réussies, après quelques tâtonnements, avec un succès complet.

Les divers étalons du *shaku*, du *demi-shaku* et du décimètre ont été tirés d'une deuxième règle de l'alliage de 1874, qui a été également cédée dans ce but à la Légation japonaise par le Conservatoire des Arts et Métiers, et qui a été coupée en plusieurs fragments de longueurs convenables. Avant que cette division en plusieurs parties

eût été exécutée, la dilatation de cette règle avait été mesurée par M. Guillaume, en même temps que celle de la précédente, sur des traits provisoires. Les morceaux coupés ont été envoyés à la Société genevoise, qui a achevé les divers étalons, conformément aux indications que je lui ai données. Une petite longueur, qui restait en excédent, a été utilisée pour faire quatre échantillons dressés et polis pour l'application de la méthode Fizeau.

C'est également la Société genevoise qui a fourni toute la série des étalons de longueur en nickel. Dans ce groupe, M. Guillaume s'est chargé d'étudier la règle de 1 mètre; j'ai déterminé toutes les autres pièces, soit en platine iridié, soit en nickel.

Pour les étalons du kwan, MM. Johnson, Matthey et C<sup>ie</sup>, de Londres, ont fourni deux très beaux cylindres en platine iridié, dont M. Chapuis a déterminé la densité avant l'ajustage définitif. Cet ajustage a été fait, sous ma direction, par M. Huetz, avec le plus grand soin, et j'ai ensuite établi les masses des étalons finis, au moyen de notre grande balance de Rueprecht de la portée de 5 kilogrammes.

Les séries de poids divisionnaires en nickel avaient été construites par M. Huetz; l'étalonnage en a été confié, sous ma direction, à M. Maudet.

Enfin les quatre thermomètres ont été commandés à M. Tonnelot, et étudiés dans notre section de Thermométrie.

Ces divers étalons ont été remis à la Légation du Japon, au cours de l'année 1898, au fur et à mesure de l'achèvement des études correspondantes.

Je dois maintenant donner quelques indications à propos de la question des nouvelles comparaisons des kilogrammes prototypes, qui va constituer, selon toute apparence, une part importante du programme des travaux du Bureau pour les prochains exercices. Je dirai d'abord que quelques kilogrammes nous ont été déjà envoyés.

Au mois de décembre dernier, nos collègues, MM. Arndtsen et Thalén sont venus à Paris pour nous apporter les kilogrammes suédois et norwégien, accompagnés des thermomètres délivrés en 1889.

Depuis, nous avons eu la visite de M. de Lannoy, Conservateur des Poids et Mesures à Bruxelles, qui nous a apporté, le 14 mars dernier, deux kilogrammes et six thermomètres.

Plus récemment encore, le 20 mars, M. le D<sup>r</sup> Weinstein, Membre de la *Normal Aichungs Commission* de Berlin, a apporté le kilo-

gramme allemand, avec quatre thermomètres et un mètre prototype, dont la *Normal Aichungs Commission* demande une vérification.

Enfin le kilogramme suisse a été envoyé il y a quelques jours, par le Bureau fédéral des poids et mesures de Berne.

Quelques autres kilogrammes ont été annoncés.

Il y aura lieu, pour le Comité, d'examiner soigneusement cette question des nouvelles comparaisons qui nous sont demandées, de fixer un programme bien défini pour ces travaux, et de prendre quelques décisions relativement aux conclusions qu'il y aura lieu de tirer des résultats auxquels ils conduiront dans tels ou tels cas que l'on peut prévoir d'avance. J'aurai, à cet égard, quelques propositions à faire, qui devront être soumises aux délibérations de la Commission des Travaux. Pour le moment, je me bornerai à dire que j'ai examiné soigneusement nos balances principales, particulièrement à l'occasion des pesées que j'ai faites récemment, avec la collaboration de M. Chappuis, sur les kilogrammes suédois et norvégien. Ces pesées ont été faites sur notre balance Rueprecht n° 1, qui est au nombre de nos plus anciennes, après l'avoir minutieusement nettoyée et avoir rectifié quelques réglages, qui s'étaient un peu dérangés, dans le mécanisme de la transposition, ce qui avait pour effet de produire des décentrages dans les positions des poids pendant les pesées. En comparant les résultats de nos nouvelles comparaisons avec les journaux d'anciennes observations laissés par M. Marek et ensuite par M. Thiesen, il semble que cette balance donne aujourd'hui, à très peu près, la même exactitude que l'on a toujours obtenue avec cet instrument. L'erreur probable d'une pesée, calculée d'après nos derniers résultats, aurait une valeur légèrement supérieure à celle, très sensiblement la même, que MM. Marek et Thiesen avaient, à diverses époques, déduites de leurs opérations. Mais notre évaluation résulte d'un petit nombre d'expériences, et de combinaisons restreintes, c'est-à-dire qu'elle a été obtenue dans des conditions défavorables et peu probantes. La conclusion est, en tout cas, que la balance n'a pas subi d'avaries graves. Dans ces conditions, il ne m'a pas paru indiqué de l'envoyer au constructeur pour un simple nettoyage. Mais je proposerai au Comité d'examiner s'il ne serait pas utile d'aller plus loin, et de faire introduire, au moins dans l'une de nos principales balances, les modifications que l'expérience acquise depuis vingt ans a indiquées pour le perfectionnement de ces instruments, telles que l'adjonction de mécanismes permettant le

dépôt ou l'enlèvement des petits poids additionnels sans ouvrir la cage et à distance, d'autres mécanismes qui peuvent assurer l'invariabilité de la position des couteaux sur leurs agates pendant toute la durée d'une pesée, et d'autres modifications encore que j'indiquerai. Dans ce cas, il y aurait à faire, non une simple revision, mais une vraie transformation, à un certain nombre de points de vue, transformation qui entraînerait certainement une dépense assez considérable, pour laquelle des fonds spéciaux devraient être votés par le Comité. Cette transformation devrait évidemment être demandée au constructeur lui-même.

J'ai essayé d'isoler la balance entière en la couvrant d'une enveloppe de bois doublée de cuivre, ne présentant que les ouvertures strictement nécessaires à l'exécution des mesures. Peut-être y a-t-il, dans ces conditions, une légère amélioration; en tout cas, les lectures des instruments météorologiques enfermés dans la cage sont plus sûres, et les corrections pour les volumes mieux déterminées. Par contre, cette pratique a pour conséquence d'obliger à opérer sans rien voir des mouvements que l'on produit dans la cage de la balance. Il faut alors avoir confiance dans l'impeccabilité absolue des mécanismes. J'ajoute qu'il faut une attention continue, un instant de distraction pouvant exposer alors à des conséquences fâcheuses pour la balance et pour les poids qu'elle porte. C'est certainement une fatigue de plus, ajoutée à une opération qui peut compter au nombre des plus fastidieuses, et, dans certaines circonstances, des plus pénibles parmi toutes celles qui incombent au métrologiste.

En terminant cette partie de mon Rapport, j'indique encore, brièvement et sans détails, quelques déterminations purement métrologiques, études de règles ou de poids, faites pour répondre à diverses demandes, dont j'ai eu aussi à m'occuper. Ces études ont donné lieu à la délivrance de certificats, qui sont compris parmi ceux dont on trouvera la liste à la fin de ce Rapport. Je passe de suite aux travaux, plus importants, qui ont spécialement incombé à M. Chapuis.

Le Comité international ayant accepté la proposition qui lui avait été faite par le Directeur du Kew Observatory, M. Chree, au sujet de la comparaison des thermomètres à résistance de platine avec le thermomètre à gaz du Bureau <sup>(1)</sup>, nous reçûmes à Breteuil, dans

---

(1) *Procès-verbaux* de 1897, p. 84.

les premiers jours de juillet, M. le D<sup>r</sup> Harker, délégué de l'Observatoire anglais. M. Harker apportait plusieurs thermomètres à résistance de platine, du genre de ceux que MM. Callendar et Griffiths ont étudiés et qui ont déjà fait l'objet de nombreux travaux en Angleterre.

Comme la mesure des résistances électriques exige des installations spéciales, M. Harker avait apporté, en outre, un pont de Wheatstone avec une boîte contenant une série de résistances montées avec des soins particuliers, un galvanomètre; en un mot tous les instruments nécessaires aux mesures électriques. M. Chappuis fut chargé de lui prêter son concours pour les comparaisons avec le thermomètre à gaz.

Je ferai remarquer qu'une étude de ce genre demande une longue préparation, chaque détail des instruments, généralement très compliqués, exigés par les mesures de précision, devant être soigneusement étudié et adapté aux conditions locales. Comme les circonstances n'avaient pas permis cette préparation, l'installation des appareils électriques présenta de nombreuses difficultés. Le galvanomètre, par exemple, d'abord placé sur une tablette fixée au mur, ne pouvait être observé à cause des trépidations; on fit un pilier en maçonnerie, indépendant du plancher, pour le porter; là encore les vibrations du sol rendaient les mesures difficiles. On le suspendit alors par quatre bandes de caoutchouc, afin d'obtenir l'amortissement de ces vibrations; mais l'allongement graduel du caoutchouc nous obligea à le remplacer par des ressorts d'acier, qui donnèrent enfin à l'appareil la stabilité nécessaire. Le galvanomètre apporté par le D<sup>r</sup> Harker fut employé ainsi pendant quelque temps, mais on ne tarda pas à trouver sa sensibilité insuffisante, et l'on dut le remplacer par un appareil plus sensible, que M. le D<sup>r</sup> Broca, professeur agrégé à l'École de Médecine de Paris, voulut bien mettre à notre disposition. J'ajoute que l'étude des divers éléments de l'appareil destiné à la mesure des résistances électriques n'était pas achevée lors de son installation à Breteuil et dut être effectuée à plusieurs reprises dans le cours des opérations, parce que les bobines en fil de manganine de construction récente présentaient des variations sensibles.

Le thermomètre à résistance de platine consiste essentiellement en un fil fin de platine pur, enroulé en hélice sur un cadre dentelé formé par deux lames minces de mica entrecroisées. Le fil de platine est enveloppé par un tube de verre ou de porcelaine à parois minces, et le thermomètre ainsi protégé présente une sensibilité à

peu près égale à celle du thermomètre à mercure. Il a cependant sur celui-ci le grand avantage de permettre la mesure d'un intervalle de température très considérable. Les travaux de MM. Callendar, Griffiths, Heycock et Neville montrent que le même instrument peut servir entre les températures les plus basses que l'on puisse obtenir et la température de fusion de l'or ou du cuivre, c'est-à-dire au-dessus de 1000°, sans altération quelconque du platine. Il était désirable de pousser les comparaisons avec le thermomètre à gaz aussi haut que possible, afin d'obtenir la vérification de températures que le thermomètre à mercure ne permet plus de mesurer.

La détermination d'une température élevée, celle de l'ébullition du soufre sous la pression normale, présentait un intérêt particulier parce que, suivant la méthode proposée par M. Callendar, elle sert de point fixe pour la détermination du thermomètre à résistance de platine.

Nous avons dû, dans ce but, faire subir quelques modifications à notre thermomètre à gaz et faire construire un nouvel appareil de chauffage dont nous parlerons tout à l'heure. Ce qui vient d'être dit suffira pour expliquer comment le travail de comparaison, qui, selon nos prévisions, ne devait durer que quelques mois, a occupé presque exclusivement MM. Chappuis et Harker, de l'été 1897 jusqu'au 23 décembre dernier.

Les deux thermomètres en platine qui ont servi à toutes les déterminations principales sont ceux désignés par K<sup>8</sup> et K<sup>9</sup> dans les cahiers de l'Observatoire de Kew. Chacun d'eux a d'abord été comparé aux thermomètres-étalons en verre dur du Bureau, à une série de températures comprises entre 0° et 60°. Ces comparaisons ont été effectuées dans l'auge destinée aux comparaisons des thermomètres à mercure, qui a été perfectionnée dans ce but. On a déterminé ainsi la marche des thermomètres en platine en fonction de l'échelle normale des températures pour tout l'intervalle dans lequel les températures peuvent être mesurées avec précision à l'aide du thermomètre à mercure. Quelques comparaisons supplémentaires ont été faites aux températures inférieures à 0°.

Un deuxième groupe de comparaisons a été effectué entre les thermomètres K<sup>8</sup> et K<sup>9</sup> et le thermomètre à *azote* dans l'intervalle de température de 70° à 190°. Avant de parler de ces expériences, je dois quelques mots d'explication au sujet de la substitution de l'azote à l'hydrogène comme substance thermométrique. Dans des recher-

ches antérieures, M. Chappuis avait remarqué que la pression initiale du thermomètre à hydrogène, très constante tant que le thermomètre n'était pas exposé à des températures élevées, subissait une diminution sensible dès que la température était portée au-dessus de 180° pendant un temps un peu long. Le même phénomène se présenta très nettement dès les premières comparaisons avec les thermomètres en platine, et M. Chappuis fut ainsi amené à en examiner la cause. Il reconnut, par des expériences particulières, dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici, qu'à partir d'une température voisine de 200°, l'hydrogène est légèrement absorbé par les parois du verre dur, probablement par la réduction des sulfates incorporés dans cette matière. L'augmentation du coefficient de dilatation du gaz résiduel semble montrer qu'il y a, en même temps, formation d'eau. Dans ces conditions, M. Chappuis a dû renoncer à employer l'hydrogène comme substance thermométrique et lui a substitué l'azote, dont l'échelle thermométrique diffère peu entre 0° et 100° de l'échelle normale des températures. Les écarts, déjà faibles, de l'azote, constatés sur un thermomètre avec une pression initiale de 1 mètre, sont encore diminués dans les comparaisons aux températures élevées, par le fait que l'on opère avec des pressions initiales sensiblement inférieures à 1 mètre, c'est-à-dire dans des conditions où le gaz est plus voisin de l'état parfait. Il est probable que l'emploi d'un réservoir en porcelaine ne présenterait pas les mêmes inconvénients que le verre. Des expériences ultérieures montreront si l'on peut faire usage de l'hydrogène comme substance thermométrique pour la mesure des températures élevées et lui rendre son rôle important pour la fixation de l'échelle normale des températures.

Peu après le premier remplissage du thermomètre avec l'azote, un accident obligea M. Chappuis à remplacer une partie du tube manométrique. On profita de l'occasion pour donner une plus grande perfection à la pièce au travers de laquelle on fait les pointés sur le ménisque mercuriel. Les parois de ce tube ont été retouchées extérieurement et intérieurement par un opticien, de manière à donner aux images une plus grande netteté.

Les comparaisons entre les thermomètres en platine et le thermomètre à azote dans l'intervalle de température de 90° à 190° ont été effectuées dans le bain d'huile, chauffé, suivant les cas, par les vapeurs d'eau, de paraxylène ou d'aniline, décrit antérieurement. (*Procès-verb.* de 1895, p. 43.)

MM. Chappuis et Harker ont fait 48 séries de comparaisons avec le thermomètre K<sup>8</sup>, et 17 séries avec le K<sup>9</sup>. Dans ces expériences, la pression initiale du thermomètre à azote était de 793<sup>mm</sup>,56 environ et n'a varié que de quelques centièmes de millimètre pendant les mesures, par suite de la contraction lente du réservoir, effet bien connu du recuit.

Les comparaisons aux températures supérieures à 200° forment un groupe distinct, dans lequel la sensibilité du thermomètre à azote est nécessairement moindre que dans les mesures aux températures inférieures, la pression initiale devant être réduite afin de rester dans les limites imposées par les dimensions des appareils.

L'appareil d'échauffement, construit par MM. Chappuis et Harker en vue des comparaisons aux températures élevées, consiste en une grande marmite de fonte de section à peu près elliptique de 0<sup>m</sup>,45 de profondeur et d'une contenance de 12<sup>lit</sup> environ, qui renferme un mélange de parties égales de nitrates de soude et de potasse. Les thermomètres que l'on veut comparer sont placés dans la région de l'un des foyers de l'ellipse, tandis que l'autre foyer est occupé par l'axe des hélices qui servent à l'agitation continue du bain. Des tubes de fer à parois minces protègent les réservoirs thermométriques contre l'action corrosive des sels fondus. Ce bain est chauffé par une rampe à gaz placée dans une enceinte extérieure à double circulation, de sorte que les parois du vase ne sont nulle part en contact direct avec la flamme. Les gaz chauds s'échappent de la salle par une cheminée isolée avec soin pour éviter l'échauffement de l'air ambiant. L'appareil de chauffage est isolé par de la bourre d'amiante et séparé des appareils de mesure par des écrans métalliques à double paroi remplis d'eau. L'appareil qu'on vient de décrire permet d'obtenir des températures très constantes dans tout l'intervalle de 230° à 600°; cependant, comme l'équilibre de température est très lent à s'établir, il faut un temps assez considérable pour changer le régime. C'est pour cela que le chauffage a dû être continu jour et nuit, pendant toute la durée des comparaisons.

Le thermomètre en platine K<sup>9</sup> a été d'abord comparé dans ces conditions avec le thermomètre à azote à réservoir de verre dur, à huit températures comprises entre 257°,8 et 449°,5.

Après quelques comparaisons analogues du thermomètre K<sup>8</sup>, les expériences furent interrompues parce qu'un échauffement trop vif avait endommagé le réservoir de verre du thermomètre à gaz. Pour

éviter le retour de nouveaux accidents, M. Chappuis a remplacé le réservoir de verre par un réservoir de porcelaine provenant de la manufacture impériale de Berlin. Il en a déterminé avec soin la capacité, la dilatation, et les déformations élastiques produites par des pressions intérieures. Le tube capillaire de verre, qui reliait le réservoir au manomètre, a été remplacé par un tube capillaire de platine et tous les nouveaux éléments de corrections ont été soigneusement étudiés.

Après une interruption de quelques mois, causée par ces diverses modifications et ces études, on a repris les comparaisons dans ces nouvelles conditions. Une vingtaine de séries ont été effectuées sur chaque thermomètre entre 250° et 450°, en serrant les observations autour de la température qui correspond à l'ébullition du soufre. D'autre part, pour obtenir une détermination précise de ce point important, M. Harker mesurait, à diverses reprises, à l'aide des deux thermomètres en platine, la température d'ébullition du soufre, en faisant usage de l'appareil très ingénieux employé par MM. Griffiths et Callendar. La combinaison de ces expériences a conduit aux résultats suivants pour le point d'ébullition du soufre à la pression normale :

Par les comparaisons du thermomètre K<sup>9</sup> avec le thermomètre à azote à réservoir en verre dur,

$$T_s = 445^{\circ}, 27;$$

Par les comparaisons de K<sup>8</sup> avec le thermomètre à azote à réservoir de porcelaine,

$$T_s = 445^{\circ}, 27;$$

Par les comparaisons de K<sup>9</sup> avec le thermomètre à azote à réservoir de porcelaine,

$$T_s = 445^{\circ}, 26.$$

Ces trois déterminations résultent de mesures indépendantes les unes des autres. Les anciennes déterminations de Regnault avaient donné pour ce point

$$T_s = 448^{\circ}, 34.$$

Les expériences plus récentes de MM. Griffiths et Callendar ont fourni, d'autre part, la valeur

$$T_s = 444^{\circ}, 53.$$

MM. Chappuis et Harker ont fait encore une série de comparaisons à des températures un peu plus élevées. La température la plus haute qu'ils ont atteinte dans les comparaisons est 580°, mais il semble que cette limite pourrait être aisément dépassée si l'on perfectionnait le chauffage.

Le calcul des observations et la rédaction de ce travail ont occupé M. Chappuis pendant les premiers mois de cette année.

Continuant ses recherches sur les thermomètres à mercure destinés à la mesure des températures supérieures à 100°, M. Chappuis a étudié en 1897 et 1898, pour cinq nouveaux thermomètres, construits par M. Baudin, l'effet sur la marche de ces instruments d'un recuit prolongé à une température élevée.

Ces cinq thermomètres, dont l'étude complète avait été effectuée au Bureau, furent d'abord comparés à nos étalons types en verre dur à cinq températures; puis ils furent exposés pendant plus de six heures à la température de l'ébullition du soufre (soit à 445° environ). Ce recuit produisit une contraction des réservoirs, et, par suite, un déplacement du zéro dépassant en moyenne 13 degrés. En même temps, l'on put constater un raccourcissement de la tige atteignant trois dixièmes de millimètre sur une longueur totale de 400 millimètres environ. Après le recuit, de nouvelles comparaisons avec les étalons du Bureau donnèrent les résultats suivants, que nous mettons en regard de résultats antérieurs :

*Moyenne des écarts des cinq thermomètres 14350-14354 par rapport à l'échelle du thermomètre en verre dur.*

Avant le recuit.		Après le recuit.	
Température.	Écart moyen.	Température.	Écart moyen.
11,7	-0,0008	10	-0,0002
20,5	-0,0017	20	+0,0012
25,6	+0,0006	30,5	-0,0008
31,6	0,0000	40	-0,0040
40,9	-0,0008		

Comme on le voit par le Tableau ci-dessus, les écarts sont de l'ordre des erreurs d'observations sur des thermomètres dont la division est seulement en cinquièmes de degré, et l'on peut conclure

de ces expériences que le recuit n'a pas changé sensiblement la marche des thermomètres à mercure.

Nous avons ainsi une preuve que les recuits prolongés auxquels les thermomètres à mercure destinés à la mesure des températures élevées sont nécessairement soumis ne peut introduire aucune modification sensible dans leur échelle thermométrique.

M. Chappuis a également contribué aux travaux métrologiques ordinaires du Bureau en effectuant les comparaisons des thermomètres à mercure demandés par la *Normal Aichungs Commission* de l'Empire allemand, et quelques travaux courants, tels que pesées, etc.

Il a consacré aussi une partie de son temps à l'étude des radiations du cadmium. Nous avons parlé antérieurement des difficultés causées par la fragilité des tubes à cadmium, lors de nos recherches sur la valeur du mètre en longueurs d'ondes lumineuses. Un astronome de l'Observatoire de Paris, M. Maurice Hamy, a imaginé une forme nouvelle de tubes sans électrodes, beaucoup moins fragiles, et que nous avons essayés. Nous avons également cherché à perfectionner la partie optique du spectroscopie de l'appareil de M. Michelson, en remplaçant le prisme de 60° par un prisme Thollon à sulfure de carbone de grandes dimensions.

En examinant le spectre du cadmium avec un appareil assez dispersif, on reconnaît aisément les nouvelles raies signalées par M. Hamy, dont une ( $\lambda = 515$  environ), voisine de la raie verte employée par M. Michelson, est très simple et peut être utilisée pour les mesures des grandes différences de marche par la méthode de M. Michelson.

Cette raie nous paraît avoir d'autant plus d'importance pour des mesures ultérieures que la raie verte très brillante, utilisée dans nos recherches avec M. Michelson, ne reste pas d'un monochromatisme rigoureux lorsque le tube a servi quelque temps. Cette modification se produit aussi bien dans les tubes de l'ancienne forme, à électrodes intérieures, que dans les nouveaux tubes. Les courbes de visibilité obtenues par M. Chappuis ne laissent aucun doute à cet égard et permettent de reconnaître que cette raie verte est probablement triple. Je rappelle que nous avons dû renoncer à employer les radiations violettes du cadmium pour la mesure des grandes différences de marche, et que pour les radiations bleues nous avons

constaté également une variation sensible du rapport des longueurs d'onde suivant la différence de marche.

Ces faits particuliers, corroborés par des expériences exécutées il y a plus de deux ans sur des lames de quartz de M. Macé de Lépinay, pour lesquelles la méthode ne nous donnait pas de solution satisfaisante, et, plus récemment encore, par des mesures sur des étalons de M. Michelson, nous ont amenés à reconnaître que nos conclusions sur les mesures faites par M. Chappuis sur les deux cubes de verre pourraient être modifiées légèrement par une étude plus approfondie de ces phénomènes.

M. Guillaume a consacré la majeure partie de son temps aux mesures relatives à la masse du décimètre cube d'eau. Je rappellerai que nous avons construit, pour ce travail, à l'atelier du Bureau, six cylindres de métal dont les diamètres sont compris entre  $144^{\text{mm}},7$  et  $64^{\text{mm}},6$  et dont les hauteurs varient entre  $129^{\text{mm}},5$  et  $65^{\text{mm}},2$ . L'un de ces cylindres, qui présentait des défauts trop marqués, dut être abandonné au cours des opérations. Les quatre plus gros des cinq cylindres restants sont creux; le plus petit est plein.

La méthode employée pour les mesures des dimensions était celle des palpeurs. Le cylindre à mesurer, supporté par une plate-forme munie de tous les organes de réglage nécessaires, était saisi entre deux réglettes de nickel à bouts sphériques, maintenues au contact par des poids constants. On déterminait, à l'aide de deux microscopes, la distance de deux traits portés par ces réglettes et situés approximativement au centre de courbure des calottes terminant les palpeurs.

Avant et après chaque groupe de mesures sur un cylindre, on déterminait la distance des traits de repère en mettant les palpeurs en contact.

Je n'insisterai pas sur les procédés de réglage très minutieux et délicats que nécessite cette méthode, si l'on veut en obtenir toute la précision dont elle est susceptible. Je dirai seulement que les plus grosses erreurs des mesures doivent être attribuées bien plus à des défauts dans le réglage qu'à l'incertitude du contact ou des pointés. C'est un côté de la question auquel M. Guillaume a apporté la plus grande attention, comme on pourra le voir dans le rapport détaillé qu'il présentera au Comité.

Le cylindre à étudier étant d'abord placé verticalement sur sa

plate-forme, on mesurait une série de diamètres équidistants dans une même section droite, puis on élevait successivement le cylindre de manière à déterminer le diamètre moyen dans des sections équidistantes. On plaçait ensuite le cylindre sur sa deuxième base, et l'on faisait des mesures analogues sur des sections intercalées entre les premières. Les sections ainsi mesurées étaient généralement distantes de 1 centimètre environ, mais on a reconnu la nécessité de les serrer davantage au voisinage des extrémités des cylindres, qui présentaient tous des irrégularités assez marquées dans le premier centimètre à partir des bouts.

Les hauteurs ont été déterminées sur des circonférences centrées sur l'axe du cylindre. Les mesures ont été faites, pour chacun d'eux, le long du bord et au centre dans les deux positions du cylindre entre les palpeurs, et, pour le reste des bases, sur des circonférences croisées pour les deux positions.

Les mesures ont montré que, pour tous les cylindres, le tour était très sensiblement circulaire dans chaque section droite, les diamètres d'une même section différant très exceptionnellement de plus d'un micron. En revanche, les diamètres d'un bout à l'autre présentaient des différences atteignant 20<sup>u</sup> pour l'un des cylindres. Ces variations de diamètre sont continues, et l'on a pu dessiner le profil de chaque cylindre avec une grande certitude.

Pour tous les cylindres, à l'exception du plus petit, les bases étaient creuses. Les mesures faites sur les cercles concentriques ont montré, de plus, qu'elles étaient toutes légèrement inclinées l'une par rapport à l'autre, comme l'avaient déjà révélé des opérations directes. Mais le défaut de planéité, comme l'inclinaison, est très peu marqué, et les écarts sont aussi assez réguliers pour que le calcul de l'excédent sur le volume compris entre deux plans parallèles puisse être fait avec certitude.

Toutes les mesures, exécutées au comparateur universel, ont été rapportées à la Règle normale en bronze, que j'avais, ainsi que je l'ai rappelé tout à l'heure, complètement étudiée avec beaucoup de soin il y a une quinzaine d'années.

Les réductions ayant été faites en partant des erreurs de division que j'avais déterminées, donnèrent des résultats sensiblement concordants pour les mesures exprimées en fonction de positions différentes sur la règle, et susceptibles de se contrôler mutuellement, comme les sections droites ou les hauteurs d'un même cylindre. Toutefois, certaines de ces mesures manifestaient encore des divergences qu'il

semblait impossible d'expliquer par des erreurs dans les contacts des palpeurs. Ces divergences engagèrent M. Guillaume à déterminer de nouveau la position de tous les traits dont il s'était servi. Les nouvelles mesures, tout en conduisant, pour les corrections de ces traits, à des valeurs très voisines de celles qui avaient été admises jusque-là, firent cependant disparaître les plus grosses divergences. On avait trouvé, par exemple, pour la hauteur moyenne de l'un des cylindres, des valeurs différant de près de  $2^{\mu}$  dans les deux positions qu'occupait ce cylindre dans l'appareil. Les divergences entre les anciennes et les nouvelles corrections, pour les quatre traits limitant les deux intervalles auxquels on s'était rapporté, n'atteignaient pour aucun des traits  $0^{\mu}, 6$  ; mais, comme ces quatre différences agissaient dans le même sens, la discordance des deux mesures se trouva sensiblement annulée par les nouvelles corrections.

On voit, par cet exemple, combien les moindres détails des opérations dont nous nous occupons peuvent influencer le résultat final. En ce qui concerne la Règle normale, j'ajouterai que les divergences entre les anciennes corrections et les nouvelles peuvent tenir à deux causes distinctes. D'abord, comme je l'ai dit, cette règle a pu subir depuis quinze ans, par un usage continu et d'assez nombreux nettoyages, quelques altérations appréciables dans l'apparence des traits sous le microscope ; de plus, la majeure partie des traits présentent de petites irrégularités qui les font apprécier différemment par divers observateurs. Loin, par conséquent, d'être surpris que la nouvelle étude donnât des divergences par rapport à l'ancienne, nous avons été étonnés de constater que ces divergences fussent si faibles, une seule d'entre elles, sur  $.27$  au total, dépassant  $0^{\mu}, 6$ .

La deuxième partie du travail de M. Guillaume a consisté dans les pesées dans l'air et dans l'eau, au sujet desquelles je n'aurai que peu de chose à dire. Dans les premières pesées hydrostatiques, le cylindre était placé dans de l'eau distillée tiédie, sur laquelle on faisait le vide de façon à chasser parfaitement toutes les bulles d'air et même à retirer la majeure partie de l'air dissous dans l'eau. Mais ce procédé ayant provoqué une légère attaque de l'un des cylindres et un accroissement de la masse d'un autre, dû probablement à l'absorption d'une petite quantité d'eau après le rétablissement de la pression, on s'est décidé, pour les pesées suivantes, à laisser séjourner l'eau dans le vide pendant quelques heures, puis à y plonger le cylindre, et à attendre que les bulles aient eu le temps de se résorber.

L'étrier portant le cylindre était suspendu à un fil platiné, suivant le procédé de M. Kohlrausch, que M. Chappuis avait appliqué le premier au Bureau. Cet artifice a une importance capitale pour la précision des pesées dans l'eau. Lorsque le platinage est bien réussi, l'amortissement dû au fil est négligeable par rapport à celui qui est attribuable à la résistance de l'eau, et les pesées peuvent être faites avec une précision très peu inférieure à celle des pesées dans l'air.

Je dirai, par exemple, que les douze pesées hydrostatiques du plus gros des cylindres mesurés par M. Guillaume, et dont le volume est supérieur à deux litres, présentent, par rapport à leur moyenne, des divergences maxima de 1<sup>mg</sup>, 5; encore ces divergences sont-elles attribuables, pour une part, à une légère incertitude dans certains éléments de réduction.

On voit, par cet exemple, que la grosse difficulté de la détermination de la masse du décimètre cube d'eau réside non pas dans les pesées, mais surtout dans la mesure des dimensions linéaires. Je reviendrai tout à l'heure sur ce point.

Voici maintenant, en résumé, les résultats trouvés par M. Guillaume :

Numéros des cylindres.	Température.	Volumes en mm <sup>3</sup> .	Masse du décimètre cube d'eau.
1	8,5 <sup>0</sup>	2 130 823	0,999 928
2	8,0	1 279 064	0,999 912
3	8,0	938 689	0,999 931
4	9,0	775 351	0,999 913
6	9,0	213 820	0,999 936

Le cylindre laissé de côté portait le n° 5. Les nombres de ce Tableau nécessitent encore quelques explications. Les cylindres 1, 3 et 6 ont été mesurés à des températures très voisines de celles des pesées hydrostatiques, ces dernières ayant été faites au voisinage du maximum de poussée de l'eau. Les deux catégories d'opérations, pour les deux autres cylindres, ont été faites à des températures différant entre elles de quelques degrés. Or la dilatation de ces cylindres n'est pas connue avec une très grande approximation, et des mesures faites sur le n° 1 ont montré que la dilatation cubique d'un cylindre creux ne résultait pas avec certitude de la valeur de la dilatation linéaire du métal de son enveloppe. Les

erreurs qui peuvent en résulter pour les cylindres 1, 3 et 6 sont absolument insignifiantes ; au contraire, elles peuvent atteindre, pour les deux autres, quelques unités sur le chiffre du milligramme. Après avoir hésité sur le moyen d'éviter ces erreurs, il nous a semblé que le mieux serait de répéter les pesées hydrostatiques aux températures moyennes des mesures de longueur. Ces pesées seront faites aussitôt que la température ambiante le permettra. Le résultat définitif du travail pourra être donné après ces opérations.

Le sens de la correction à introduire dans ces résultats, du fait de la dilatation, est incertain. En revanche, il y aura lieu d'appliquer, à toutes ces mesures, une correction pour l'écrasement produit par les palpeurs. Cette correction aura pour effet de diminuer tous les nombres d'une quantité qui pourra atteindre six à huit unités du sixième ordre décimal.

Nous pensions, primitivement, qu'il y aurait lieu de déduire, de ces déterminations, une valeur de la quantité cherchée, en opérant sur les *différences* des volumes des cylindres. C'est pour rendre ce calcul possible que les dimensions de ces derniers avaient été choisies aussi différentes que le permettaient les mesures elles-mêmes. Mais on voit que les valeurs trouvées, tout en présentant des divergences sensibles, ne montrent aucune marche bien évidente du premier jusqu'au dernier. A la rigueur, on trouverait peut-être, dans ces nombres, une faible indication pour diminuer le résultat, mais la correction que l'on pourrait tirer de cette considération serait très incertaine et ne dépasserait pas quelques unités du sixième ordre décimal.

Dans mon dernier rapport, j'avais donné un résultat tout à fait provisoire, trouvé à l'aide du cylindre n° 6 et obtenu, d'une part, avec une partie seulement des mesures de dimensions, d'autre part avec une pesée hydrostatique isolée, et faite rapidement. Les mesures de longueurs elles-mêmes avaient été rapportées aux anciennes valeurs des corrections de la Règle normale, et à une valeur provisoire des palpeurs. On a fait, depuis cette époque, quatre-vingt-douze déterminations des palpeurs, et la moyenne des résultats a été sensiblement modifiée. Or la divergence entre le résultat provisoire et celui que nous pouvons considérer comme définitif atteint, en tenant compte de la correction de compression, une valeur correspondant à cinq ou six dixièmes de micron seulement sur les dimensions de ce cylindre. Ce résultat montre la prodigieuse difficulté de ces mesures, et l'influence énorme des moindres erreurs sur le résultat final.

En plus du travail dont je viens de parler, M. Guillaume a poursuivi les recherches sur les aciers-nickel, dont les premiers résultats ont été présentés au Comité dans sa dernière session. Dans cette période bisannuelle, il a déterminé la dilatation de quarante-sept barres d'acier-nickel, leurs déformations avec le temps ou sous l'action du recuit, et les propriétés élastiques d'un grand nombre d'entre elles. Comme précédemment, la Société de Commentry-Fourchambault a prêté à ce travail le concours le plus obligeant et le plus désintéressé.

Les premières recherches ont été faites dans le but de reconstituer l'alliage qui avait donné la dilatation minima, et, si possible, d'abaisser encore cette dilatation. Un grand nombre de coulées furent faites en modifiant légèrement les proportions de carbone, de silicium et de manganèse des alliages, mais sans qu'il se dégageât aucun résultat bien net de ces expériences.

Il semble que les corps étrangers au nickel ou au fer augmentent la dilatation; mais ce fait n'est pas mis hors de doute pour les petites quantités de carbone et de manganèse qu'il est nécessaire d'introduire dans l'alliage pour le rendre malléable. Le chrome élève la dilatation de ces alliages. Une quantité de ce dernier métal égale à 1 pour 100 amène à  $4 \times 10^{-6}$  environ la dilatation d'un alliage auquel sa teneur en nickel et en fer donnerait une dilatation de 1 à  $2 \times 10^{-6}$  seulement. Dans toute cette première partie des recherches, qui durèrent près d'une année, il fut impossible, non seulement d'abaisser la dilatation au-dessous des valeurs déjà trouvées, mais même de revenir à la valeur la plus basse qui avait été antérieurement obtenue. On se décida alors à essayer le travail mécanique des alliages et notamment l'étirage à froid. Cette opération, pratiquée dans les forges de Fourchambault, conduisit à des résultats inattendus. L'étirage abaisse la dilatabilité des alliages dans une mesure considérable. Ainsi, un alliage ayant, avant tout traitement, une dilatation égale à  $1,8 \times 10^{-6}$  est arrivé à  $0,45 \times 10^{-6}$  après un traitement convenable. On a pu, d'ailleurs, suivre, sur une douzaine de barres, la progression dans l'action du travail mécanique, qui tend vers une limite, au delà de laquelle la dilatation ne s'abaisse plus.

Un échantillon d'un alliage à dilatabilité déjà très faible ayant été traité par ce procédé, a pu être amené à ne plus se dilater que de 12 centièmes de micron par degré et par mètre à 0°, quantité 70 fois plus faible que la dilatabilité du platine à cette température.

L'importance que leur faible dilatabilité semble devoir donner à ces alliages pour la métrologie a engagé M. Guillaume à faire une étude aussi détaillée que possible de leurs variations avec le temps.

Je rappellerai en quelques mots en quoi consistent ces variations. Une barre de l'alliage le moins dilatable ayant été forgée à chaud et refroidie à l'air augmente de longueur d'autant plus vite que sa température actuelle est plus élevée, et finit par se fixer à une longueur invariable si la température est constante. Si l'on vient à abaisser la température, la règle recommence à s'allonger, et arrive à un nouvel état stationnaire. Les mouvements inverses se produisent aussi, mais beaucoup plus rapidement, lorsqu'on élève la température.

On diminue beaucoup les mouvements à une température déterminée en amenant une barre graduellement à cette température en partant d'une température plus élevée.

De nombreuses mesures ont été consacrées à l'étude des variations d'une règle maintenue à la température du laboratoire depuis plus de deux ans, et préalablement recuite de  $150^{\circ}$  à  $40^{\circ}$ . Cette règle a augmenté de longueur au total de  $8\mu$  à la température du laboratoire. Dans la seconde année, le mouvement n'a été que de  $1\mu,5$ , et semble à peu près arrêté maintenant. Il faut remarquer toutefois que toute élévation de température diminue la longueur finale de la règle. Ainsi on a pu constater que la valeur de la règle en question a été, dans les grandes chaleurs de l'année dernière, de  $1\mu$  environ plus faible que la moyenne des longueurs dans les deux hivers entre lesquels ces mesures ont été faites.

Les mesures des variations avec le temps ont porté aussi sur des barres étirées. Pour ces dernières, les variations suivent des lois encore plus complexes que pour les barres forgées. M. Guillaume est parvenu à élucider complètement ces lois, et a trouvé que les variations totales peuvent être attribuées à la superposition de deux phénomènes absolument distincts, dont l'un est la variation dont nous venons de parler, tandis que l'autre est dû à la disparition des tensions produites par le travail mécanique. Les premières variations se reproduisent à tout changement de la température, tandis que les dernières, une fois disparues, ne reparissent plus.

La grandeur des variations de la première catégorie est sensiblement de même ordre dans les barres étirées que dans les barres forgées.

Il résulte de toutes ces recherches que les aciers au nickel peuvent parfaitement être employés, avec des précautions élémentaires, dans tous les instruments desquels on exige une constance d'un cent-millième. Si l'on veut atteindre le millionième, de minutieuses précautions deviennent nécessaires, mais il semble dès maintenant possible d'atteindre ce résultat.

Ces constatations ont paru assez encourageantes pour que nous ayons pu entreprendre, comme je l'ai dit, la construction de deux règles normales en acier-nickel et d'une série de réglettes du même métal étiré au banc. Toutes ces règles ont été recuites en suivant les meilleurs procédés enseignés par l'expérience.

Depuis deux ans, les applications de ces alliages se sont développées. En attendant la construction des règles géodésiques, pour laquelle les Forges de Fourchambault ont acquis un outillage puissant, on a pu fournir à divers Services géodésiques des fils destinés à la mesure des bases par le procédé imaginé par M. Jäderin. Dans ces mesures, les variations des fils avec le temps sont inférieures à la précision que le procédé lui-même permet d'atteindre et les erreurs de température deviennent négligeables. On peut donc en espérer une simplification considérable dans l'application de cette méthode.

Certaines mesures, nécessitées par l'examen de l'état de recuit des règles, ayant dû être poursuivies à une époque où M. Guillaume était complètement absorbé par les mesures relatives au décimètre cube d'eau, ont été confiées à M. Maudet, qui les a exécutées avec beaucoup de soin et d'habileté.

Outre les deux travaux de longue haleine dont je viens de parler et auxquels M. Guillaume a consacré la majeure partie de son temps, il a exécuté diverses déterminations métrologiques, parmi lesquelles je mentionnerai la mesure de la dilatation de quatre règles, dont deux en platine iridié, dont j'ai déjà parlé, pour l'Empire du Japon, et une barre plate en nickel de la fourniture d'où ont été tirées les réglettes décimétriques de ce métal; l'étude de 11 étalons à bouts appartenant à la Section technique de l'artillerie, l'étude complète d'une règle en nickel et la détermination de l'équation et de la valeur des millimètres d'un des étalons japonais en platine iridié.

Le nickel des décimètres a été, comme l'acier-nickel, soumis à des recuits systématiques. Les mesures faites pour suivre l'action

du recuit ont révélé des variations analogues à celles de la deuxième catégorie constatée dans les aciers au nickel étirés. Le recuit à 100° ayant été poursuivi jusqu'à ce que la barre fût arrivée à une longueur constante, les variations n'ont pas reparu aux températures plus basses. Je dirai, enfin, qu'une règle en bronze blanc, appartenant au Service des contributions indirectes de la Russie et qui était restée en dépôt au Bureau depuis l'année 1894, époque où elle avait été soumise à une étude complète, a été comparée de nouveau à nos étalons au commencement de cette année. On a trouvé que, pendant cette période de près de cinq ans, elle s'était raccourcie de 2<sup>l</sup>, 2.

M. Guillaume a été, comme par le passé, chargé de la Section de Thermométrie et a eu l'occasion de faire une série d'expériences intéressantes sur l'erreur capillaire dans un thermomètre de Baudin, divisé en centièmes de degré. A la suite des recherches faites précédemment, il avait pensé que l'on pouvait, par un arrangement particulier des observations, éliminer à peu près complètement l'erreur capillaire même dans les thermomètres à tube très fin. Les nouvelles expériences ont montré que cette erreur varie d'un point à l'autre de la tige, d'une quantité très supérieure à celle que l'on déduirait des différences de diamètre du tube. La question est donc encore plus complexe qu'on ne l'avait pensé, et les dernières recherches ont pleinement justifié l'opinion, que nous avons toujours soutenue, qu'il n'y a aucun avantage, à partir d'une certaine limite, à allonger le degré d'un thermomètre. Ce que l'on gagne en apparence par une plus grande précision relative des lectures est bientôt rendu illusoire par l'incertitude dans l'indication du thermomètre due à l'erreur capillaire.

Dans mon dernier Rapport, j'ai dit déjà que nous avions à peu près renoncé à commander nos thermomètres chez M. Tonnelot, et que les premiers instruments livrés au Bureau par M. Louis Baudin nous avaient paru absolument satisfaisants. Depuis lors, cet habile constructeur nous a fourni un certain nombre de thermomètres irréprochables à tous les points de vue. Les délais de livraison que demande M. Baudin n'ont rien d'exagéré, étant donnés tous les soins qu'exige la construction d'un thermomètre de premier ordre.

J'insisterai cependant sur la nécessité, pour les personnes qui nous demandent des études thermométriques, de s'y prendre assez

à l'avance pour la commande de leurs instruments, pour que le travail puisse être organisé d'une manière satisfaisante, tant pour la construction que pour l'étude.

Depuis notre dernière session, un certain nombre d'États nous ont envoyé leurs thermomètres étalons en vue de la vérification décidée par le Comité. Ces instruments ont été soumis à un nouveau calibrage consistant en une comparaison de la capacité du tube constituant l'intervalle [0·50] avec la portion [50·100], presque entièrement occupée par une ampoule. La plupart des divergences trouvées entre les anciennes et les nouvelles corrections sont absolument insignifiantes, et il n'en est aucune qui soit supérieure à la somme des erreurs des deux études. Rien n'autorise, par conséquent, à admettre que ces instruments aient varié depuis l'époque de leur étude. Toutefois, nous ne pourrions exprimer une opinion définitive sur ce point que lorsque nous aurons pu établir le sens de la variation moyenne pour un grand nombre de thermomètres.

La Section de Thermométrie a exécuté, en outre, l'étude complète de 36 thermomètres dont 2 pour le Bureau et 34 pour divers établissements. Les deux premiers, dont la partie utile est comprise entre 50 et 100, sont destinés à suppléer, dans cet intervalle, nos étalons principaux, de grande longueur et d'un maniement délicat, afin de ne pas exposer inutilement ces précieux instruments aux chances toujours possibles d'un accident. Dès que les travaux courants le permettront, les nouveaux thermomètres seront comparés aux anciens.

M. Guillaume, aidé par M. Maudet, a continué à s'occuper de notre bibliothèque, dont l'accroissement est régulier et très satisfaisant. Depuis la dernière session, nous avons obtenu l'échange avec la Société philosophique de Cambridge, l'Institution royale de Londres et l'Université Johns Hopkins. La Société de Cambridge nous a envoyé la collection très rare et précieuse de ses *Mémoires*, en échange des Volumes disponibles de nos *Travaux et Mémoires* et de nos *Procès-verbaux*. Nous avons acquis aussi divers Ouvrages, parmi lesquels je mentionnerai les volumes épuisés du *Mémorial du Dépôt de la Guerre*, une série importante des *Annales de Chimie et de Physique*, et tous les volumes qui nous manquaient encore des *Proceedings* de la Société royale de Londres.

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

**Liste des certificats délivrés du 1<sup>er</sup> avril 1897  
au 1<sup>er</sup> avril 1899.**

1.	1897. Avril 24.	1 règle en nickel S.I.P.B.	{ Cabinet géodésique de l'École Polytechnique. Budapest.
2.	» Juin 30.	1 règle étalon en acier Bariquand.....	{ Bariquand et Marre, à Paris.
3.	» Juill. 7.	1 thermomètre Tonnelot n° 11806.....	{ M. Arthur W. Warring- ton. Aberystwyth.
4.	» » 8.	1 thermomètre Tonnelot n° 11133.....	{ Service des Contributions indirectes de l'Empire russe.
5.	» » 8.	1 thermomètre Tonnelot n° 11150.....	{ Id.
6.	» » 8.	1 thermomètre Tonnelot n° 11152.....	{ Id.
7.	» » 8.	1 thermomètre Tonnelot n° 11171.....	{ Id.
8.	» » 8.	1 thermomètre Tonnelot n° 11809.....	{ Académie de Médecine de Saint-Pétersbourg.
9.	» » 12.	1 thermomètre Tonnelot n° 11807.....	{ Bureau de Métrologie de Bruxelles.
		1 thermomètre Tonnelot n° 11808.....	{ Id.
10.	» » 29.	1 thermomètre Tonnelot, n° 11499.....	{ University College. Lon- dres.
11.	» Août 17.	1 thermomètre Tonnelot n° 11564.....	{ Cornell University. Ithaca.
12.	» » 17.	1 thermomètre Tonnelot n° 15505.....	{ Id.
		1 thermomètre Tonnelot n° 15506.....	{ Id.
13.	» Déc. 24.	Coefficient de pression et erreur de capillarité des thermom. Baudin. n°s 14423, 14426 et 14427.....	{ M. Louis C. de Coppet. Nice.

14.	1897. Déc. 24.	1	thermomètre Baudin n° 14693.....	{	M. Louis C. de Coppet. Nice.
15.	1898. Janv. 8.	1	thermomètre Tonnelot n° 15500.....	{	Gouvernement de l'Empire du Japon.
		1	thermomètre Tonnelot n° 15501.....	{	Id.
		1	thermomètre Tonnelot n° 15502.....	{	Id.
		1	thermomètre Tonnelot n° 15503.....	{	Id.
16.	» » 8.	2	étalons du Kwan.....	{	Gouvernement de l'Em- pire du Japon.
17.	» Mars 19.		Mesure de deux étalons de longueur.....	{	Section technique de l'Ar- tillerie.
18.	» » 19.		Mesure de neuf étalons de longueur.....	{	Id.
19.	» » »		Série de poids en nickel	{	Gouvernement de l'Em- pire du Japon.
20.	» Juin 2.	1	thermomètre Baudin n° 14718.....	{	Commission géodésique. Suisse.
		1	thermomètre Baudin n° 14719.....	{	Id.
21.	» » 4.	1	thermomètre Baudin n° 14720.....	{	M. le D <sup>r</sup> P. Chappuis.
22.	» » 28.		Pièces de 500 <sup>mg</sup> en pla- tine et de 10 <sup>mg</sup> en quartz.....	{	Commission des Poids et Mesures de Finlande.
23.	» Juill. 19.	1	thermomètre Baudin n° 14640.....	{	M. W. Louguinine. Mos- cou.
		1	thermomètre Baudin n° 14641.....	{	Id.
24.	» » »		Série de poids en nickel de 500 <sup>g</sup> à 1 <sup>g</sup> .....	{	Id.
25.	» » »		Série de poids en nickel 500 <sup>mg</sup> à 1 <sup>mg</sup> .....	{	Id.
26.	» » 24.	1	thermomètre Tonnelot n° 11053.....	{	Laboratoire de Physique (enseignement) à la Sor- bonne.
27.	» » 25.	1	thermomètre Baudin n° 14684.....	{	Laboratoire de Physique de l'Université de Mo- dène.

28.	1898.	Juill.	25	1	thermomètre Baudin n° 14685 .....	{	Laboratoire de Physique de l'Université de Modène.
29.	»	»	»	1	thermomètre Baudin n° 14797 .....	{	Laboratoire de Physique de l'Université de Ca- tane.
	»	»	25.	1	thermomètre Baudin n° 14798 .....	{	Id.
30.	»	»	»	1	thermomètre Baudin n° 14686 .....	{	Laboratoire de Physique de l'Université de Mo- dène.
31.	»	»	»	1	thermomètre Baudin n° 14799 .....	{	Laboratoire de Physique de l'Université de Ca- tane.
32.	»	»	»	1	thermomètre Baudin n° 14800 ... ..	{	Bureau de Métrologie de Bruxelles.
				1	thermomètre Baudin n° 14801 .....	{	Id.
33.	»	»	26.	1	thermomètre Baudin n° 14694 .....	{	Laboratoire de Physique de Cornell University. Ithaca.
34.	»	»	»	1	thermomètre Baudin n° 14722 .....	{	Id.
35.	»	»	»	1	thermomètre Baudin n° 14723 .....	{	Id.
36.	»	Oct.	11.	1	kilogramme en platine.	{	M. W. Louguinine. Mos- cou.
37.	»	»	29.	1	gramme en platine ...		M. Collot.
38.	»	Déc.	5.	1	règle en nickel .....	{	Gouvernement de l'Em- pire du Japon.
39.	»	»	»	1	étalon du shaku n° 1 en platine .....	{	Id.
				1	étalon du shaku n° 2 en platine .....	{	Id.
40.	»	»	»	1	demi-shaku en platine iridié .....	{	Id.
41.	»	»	»	1	décimètre en platine iridié .....	{	Id.
42.	»	»	»	1	shaku en nickel .....		Id.
43.	»	»	»	1	décimètre en nickel..		Id.
44.	»	»	19.	1	thermomètre Baudin n° 15504 .....	{	M. le Dr Harker, attaché à l'observatoire de Kew.

45.	1899. Janv. 31.	1 kilogramme en laiton doré.....	{	Service des contributions indirectes de l'Empire russe.
46.	» » »	Une pièce de 500 <sup>s</sup> en quartz.....	}	Id.
47.	» » »	Une pièce de 1 <sup>r</sup> en platine.....	}	»
48.	» Févr. 9.	Une règle en bronze blanc.....	{	Service des contributions indirectes de l'Empire russe.
49.	» » 14.	Une règle de 30 <sup>cm</sup> .....	{	MM. Bariquand et Marre, à Paris.
50.	» » 18.	Un mètre étalon en platine iridié.....	{	Gouvernement de l'Empire du Japon.

M. le PRÉSIDENT est certain d'être l'organe de l'unanimité du Comité en reconnaissant la grande valeur scientifique des travaux dont il vient d'être rendu compte, et en remerciant vivement M. Benoît de son Rapport si intéressant.

M. BLASERNA ayant demandé si le Rapport serait bientôt imprimé, ce qui faciliterait la compréhension des nombreux détails difficiles à saisir à la simple lecture, M. Benoît répond que, conformément à la décision prise à ce sujet par le Comité en 1897, le Rapport est déjà composé et sera distribué aujourd'hui même en épreuves.

M. HIRSCH ajoute que le texte définitif paraîtra, comme d'habitude, dans les procès-verbaux de la session.

M. le PRÉSIDENT rappelle au Comité qu'il convient, avant de se séparer aujourd'hui, de nommer les deux Commissions réglementaires.

Sur la proposition du bureau, sont désignés pour faire partie :

De la *Commission des Travaux et Instruments* :

MM. BLASERNA, DE BODOLA, HÉPITES, MENDELEEFF, MICHELSON, THALÉN;

De la *Commission des Finances* :

**MM. ARNDTSEN, BERTRAND, CHANEY.**

**M.** le **PRÉSIDENT** invite ces Commissions à se constituer et à commencer leurs travaux le plus tôt possible. Il rappelle que tous les **Membres** du Comité ont le droit d'assister aux séances de ces Commissions.

La prochaine séance du Comité est fixée à mardi 18 avril à 3 heures.

La séance est levée à 5<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.



---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

Mardi 18 avril 1899.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, F. DE P. ARRILLAGA, BENOÎT, BERTRAND, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, HÉPITES, HIRSCH, MENDELEEFF, MICHELSON, THALÉN.

La séance est ouverte à 3<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.

Le Secrétaire donne lecture du procès-verbal de la première séance, qui est adopté sans observation.

Après cette lecture, le Secrétaire fait connaître que le bureau vient de recevoir, par l'intermédiaire du Ministère des Affaires étrangères de France, une dépêche de l'Ambassade Russe à Paris, informant M. le Président que M. Mendeleeff est désigné pour prendre part aux travaux du Comité international.

En faisant cette communication, le bureau croit devoir faire remarquer qu'il ne s'agit pas cette fois d'une Conférence générale pour laquelle les Gouvernements désignent des délégués, mais d'une session réglementaire du Comité international institué par la Convention, et dont M. Mendeleeff fait partie comme Membre élu.

M. le PRÉSIDENT propose, comme premiers objets à l'ordre du jour, de s'occuper de deux questions mentionnées dans le Rapport du Secrétaire, c'est-à-dire de la

démarche de la Grèce et de la participation à l'Exposition universelle.

En ce qui concerne la première, il s'agit surtout de fixer la contribution d'entrée de la Grèce; M. le Président propose de renvoyer ce point au préavis de la Commission des Finances.

Sur l'observation de M. BERTRAND, que les Membres de la Commission ne possèdent pas les données nécessaires, particulièrement en ce qui concerne les précédents, il est entendu que MM. Foerster et Hirsch se mettront pour cet objet à la disposition de la Commission.

Quant aux renseignements demandés par la Grèce au sujet des étalons, M. le PRÉSIDENT propose de renvoyer la question à la Commission des Instruments et des Travaux.

M. HIRSCH est d'avis qu'il importe, dans l'intérêt général, aussi bien que dans celui de la Grèce, que l'usage du Système métrique, adopté par ce pays en principe dès 1836, soit rendu effectif, ainsi que le Gouvernement grec se le propose, au moins pour les mesures linéaires. Or, comme l'acquisition d'un prototype du Mètre en platine iridié exigerait, en ce moment, beaucoup de temps et de frais, on pourrait peut-être conseiller à la Grèce de se procurer d'abord deux étalons normaux, dont l'un serait une règle en nickel pur, et l'autre en acier-nickel. D'après l'état actuel des expériences faites sur cet alliage, dont M. Guillaume rendra compte dans une des prochaines séances, cette combinaison assurerait un degré d'exactitude largement suffisant pour les comparaisons des étalons. M. Hirsch croit donc que le Comité pourrait prendre aujourd'hui une décision de principe dans ce sens, et charger son bureau de fournir à la Légation grecque les renseignements demandés.

M. BERTRAND considère la solution qu'on vient de proposer comme la meilleure et celle à laquelle on s'arrêtera pro-

bablement; toutefois, il doit être bien entendu qu'on se contentera de fournir à la Grèce les données sur les conditions auxquelles il lui sera loisible d'acquérir soit un prototype en platine iridié, soit d'autres étalons.

M. BENOÎT fait remarquer que l'entrée dans la Convention d'un nouvel État n'entraîne pas pour lui l'obligation formelle de commander des prototypes; il y a même un certain nombre d'États qui font partie de la Convention et qui n'ont pas encore fait l'acquisition de prototypes en platine iridié.

M. D'ARRILLAGA désirerait savoir si les articles de la Convention concernant l'entrée de nouveaux États prescrivent ou non l'acquisition et la nature des étalons.

M. le PRÉSIDENT répond que la Convention ne prescrit rien sur ce point. L'article 11 dit simplement : « Les États qui useraient de la faculté d'accéder à la présente Convention seront tenus d'acquitter une contribution dont le montant sera déterminé par le Comité sur les bases établies à l'article 9 ».

M. HÉPITES désire également qu'on insiste, dans la réponse à adresser à la Grèce, sur le point que l'acquisition des étalons ne constitue pas une condition de l'entrée dans la Convention.

M. le PRÉSIDENT, en résumant la discussion, constate que le Comité est unanime à vouloir faciliter de toutes façons l'adhésion de la Grèce à la Convention du Mètre, et qu'il est d'accord pour charger son bureau de communiquer à la Légation grecque tous les éléments nécessaires pour se décider sur le choix des étalons à acquérir; du reste, en ce qui concerne le nouvel alliage, la Commission des Travaux et le Comité lui-même recevront dans de prochaines séances des communications sur l'état actuel des résultats

obtenus au point de vue de la stabilité moléculaire de l'acier-nickel.

Abordant la question de l'*Exposition*, M. le PRÉSIDENT fait remarquer qu'il serait difficile de prendre aujourd'hui une décision sur les objets qu'il sera indiqué d'exposer; comme, d'autre part, il importera de rendre cette exposition aussi intéressante que possible, il serait peut-être utile de demander un préavis à la Commission des Instruments et des Travaux.

M. BLASERNA croit aussi qu'un premier examen de cette question par la Commission aura son utilité. La difficulté de participer à l'Exposition universelle, sans priver le Bureau international de l'usage des principaux instruments, pourrait être tournée en faisant figurer des photographies à grande échelle de ces instruments.

M. HIRSCH croit essentiel que le Comité se prononce dès aujourd'hui en principe sur la participation proposée par le Gouvernement français, et, tout en attendant des indications de détail de la part de la Commission des Travaux et Instruments, il serait pratique de charger dans la présente séance MM. le Président, le Secrétaire et le Directeur du Bureau, d'avoir, le plus tôt possible, une première entrevue avec M. le Commissaire général de l'Exposition, afin de s'entendre avec lui sur la meilleure réalisation de ce projet. Cette façon de procéder aurait, en outre, l'avantage qu'on pourrait demander à M. le Commissaire général d'informer le Comité si le Gouvernement français consentirait à faire figurer dans cette Exposition un des prototypes du Mètre et du Kilogramme en platine iridié, qui ont été distribués à la France en 1889.

Cette proposition, mise aux voix par M. le PRÉSIDENT, est adoptée par le Comité.

M. le PRÉSIDENT fait savoir qu'il a reçu de M. Chaney trois

communications dont il prie M. le Secrétaire de donner lecture.

Voici la première de ces communications :

Lors de la deuxième Conférence générale de 1895 (voir *Comptes rendus*, p. 129) il avait été résolu de « commencer en 1899 les comparaisons périodiques des prototypes du kilogramme et des thermomètres ».

Allusion est également faite à ladite proposition par M. le Président et M. le Secrétaire dans leur Rapport aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes en 1897, et, conformément au principe qui est stipulé par le troisième alinéa de l'article 6 de la Convention du Mètre, ces Gouvernements furent invités à adresser pendant l'année actuelle, à M. le Directeur du Bureau, leurs kilogrammes et les thermomètres accompagnant les mètres prototypes.

Toutefois, depuis la résolution de l'année 1895, une loi importante a été promulguée dans le Royaume-Uni de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, qui, pour la première fois, rend absolument légal, pour toutes les transactions de commerce, l'emploi des poids et des mesures métriques. Je prends la liberté de remettre au Comité un exemplaire de ladite loi, d'après lequel vous pouvez vous rendre compte que le Mètre prototype n° 16 en platine-iridium et le Kilogramme prototype n° 18 en platine-iridium s'y trouvent spécifiquement indiqués comme étant les nouveaux prototypes prévus par la loi pour le Royaume-Uni.

Par suite de ladite loi, le *Board of Trade* a ordonné que ces prototypes ne devront pas pour le moment quitter le pays; pour cette raison je regrette de ne pouvoir vous les faire adresser dans le but d'être vérifiés, ce qui autrement aurait eu lieu.

Or, pour assurer à l'avenir le plus parfait accord entre les prototypes internationaux et les prototypes nationaux n°s 16 et 18, il se pourra que mon pays ait à recourir à d'autres moyens, probablement à obtenir un double des prototypes nationaux du Mètre ainsi que du Kilogramme, qui permettra, au cas où le Comité le jugera à propos, d'établir une comparaison indirecte entre les prototypes en question.

M. FOERSTER a éprouvé une grande satisfaction en apprenant que le rôle du prototype du Kilogramme en platine iridié a acquis en Angleterre une telle importance que

l'autorité anglaise ne croit pas pouvoir s'en passer, pendant quelques années encore, dans l'exécution des mesures tendant à l'introduction pratique des Poids et Mesures métriques en Angleterre. Aussi il ne doute pas que le Comité, tout en maintenant en principe la nécessité des comparaisons périodiques des prototypes décidées, voudra tenir compte des conditions exceptionnelles invoquées par M. Chaney pour son pays, et renoncer à comparer, pour le moment, le prototype du Kilogramme anglais. Quant à l'idée d'acquérir pour l'Angleterre des doubles du prototype du Mètre aussi bien que du Kilogramme, M. Foerster fait remarquer que ce moyen de vérifier les prototypes indirectement par l'intermédiaire d'étalons de voyage, pour ainsi dire, aurait pour conséquence de rendre les équations des prototypes anglais inférieures en précision à celles des autres prototypes nationaux. Du reste, l'immobilisation de ses prototypes n'est ordonnée par l'autorité anglaise que pour quelques années.

M. BENOÎT partage cette appréciation de M. Foerster, que l'établissement de l'équation d'un kilogramme prototype par l'intermédiaire d'un autre kilogramme lui donnerait une valeur inférieure.

M. MENDELEEFF rappelle que le Comité a décidé de comparer les kilogrammes nationaux non seulement avec le prototype international, mais avec les témoins. Il serait peut-être bon d'avoir au Bureau international quelques étalons qu'on pourrait dans certains cas envoyer pour servir aux comparaisons dans différents pays. La demande de l'Angleterre de ne pas envoyer ses prototypes au Bureau international est le premier cas de ce genre qui se présente; mais il pourrait plus tard se reproduire de la part d'autres pays. Ainsi, lorsqu'en Russie les Poids et Mesures métriques seront introduits, peut-être trouverait-on des inconvénients à envoyer les prototypes pour être vérifiés au Bureau international.

M. HIRSCH est d'accord avec M. Foerster sur la convenance de renoncer pour cette fois à la présence du kilogramme prototype anglais afin d'être comparé avec les autres, pour la raison spéciale que ce kilogramme est en ce moment indispensable à la réalisation du grand progrès que vient de faire l'Angleterre dans le domaine des Poids et Mesures. Toutefois, M. Hirsch estime que, dans l'intérêt général de la constance et de l'unité des Poids et Mesures métriques dans le monde, il importe de maintenir le principe des comparaisons périodiques directes, prescrit par l'article 6 de la Convention, qui énumère parmi les charges du Bureau international, sous le n° 3, « les comparaisons périodiques des étalons nationaux avec les prototypes internationaux et avec leurs témoins, ainsi que celles des thermomètres étalons ». M. Hirsch propose donc que, dans la réponse à faire par le bureau à la communication de M. Chaney, qui admettra la demande du Gouvernement anglais, la stipulation conventionnelle concernant les comparaisons périodiques soit expressément réservée.

Personne ne demandant plus la parole, M. le PRÉSIDENT constate que *le Comité adopte la proposition ainsi formulée.*

La seconde communication de M. Chaney, dont voici le texte, est destinée à attirer l'attention du Comité sur l'influence, très faible, mais appréciable, exercée par la variation de la pression atmosphérique sur la longueur des étalons de précision :

Lorsqu'il s'agit de définir les prototypes matériels construits dans le but de représenter des unités fondamentales de longueur, il faut prendre en considération aussi l'influence minime exercée sur ces étalons par la variation de la pression atmosphérique. On peut admettre que les limites de variation extrême du baromètre pour la Grande-Bretagne sont comprises entre 28 et 31 pouces, soit une différence de 3 pouces (76<sup>mm</sup>), ce qui équivaut à une variation dans la pression atmosphérique de 103<sup>s</sup> par centimètre carré. Le changement produit par cette variation de la pression, dans la lon-

gueur d'un prototype du Mètre, est donc parfaitement appréciable avec les moyens de haute précision employés par la métrologie moderne. La détermination théorique de cette variation pour des barres prototypes en forme de X, adoptée pour les prototypes du Mètre, nécessitera des calculs compliqués; tandis qu'une formule simple s'applique aux barres à section rectangulaire, du genre du prototype du Yard impérial britannique. En effet, pour une barre de la longueur L, la différence de longueur  $\Delta L$  provenant de la variation dans la pression atmosphérique de  $103^s$  par centimètre carré, se trouve indiquée par

$$\Delta L = L \times \frac{103}{E} (1 - 2\rho),$$

formule dans laquelle E représente le module d'élasticité Young en grammes par centimètre carré, applicable à la matière dont se compose la barre, et  $\rho$  le rapport de Poisson, c'est-à-dire le rapport entre la contraction transversale et l'extension longitudinale d'un simple effort d'allongement.

#### MÈTRE.

Changement par rapport à la longueur provenant d'une variation de pression atmosphérique s'élevant à  $76^{\text{mm}}$ .

Différence de longueur *in vacuo* et sous une pression de  $760^{\text{mm}}$ .

Micron..... 0,048

Micron..... 0,48

M. le PRÉSIDENT remercie vivement M. Chaney de sa Notice intéressante, qui sera certainement prise en considération par les métrologistes et qui engagera le Comité à réaliser la décision antérieure de placer dans le vide un des témoins du Mètre prototype, déposés au Bureau international.

Enfin, M. CHANEY communique un rapport rédigé par le Comité nommé par le Gouvernement anglais dans le but d'étudier la question de l'utilité d'établir en Angleterre un laboratoire de Physique national. Il fait remarquer que, dans ce rapport, ainsi que dans les dépositions annexées, on a fait valoir particulièrement les avantages importants qui résultent, pour la métrologie, des recherches instituées

sous la direction du Comité international des Poids et Mesures, relativement à de nombreuses constantes physiques et aux valeurs numériques employées dans la détermination des prototypes.

M. le PRÉSIDENT avait pensé qu'il serait possible d'entendre, dans cette séance, les rapports spéciaux des deux Adjointes sur leurs travaux de la détermination du Litre, annoncés par M. le Directeur dans la première séance; mais, comme l'heure est trop avancée pour suffire complètement à cet ordre du jour, et que M. Chappuis a exprimé le désir de renvoyer son rapport à la prochaine séance, M. le Président invite M. Guillaume à présenter sa communication.

M. GUILLAUME, qui a apporté dans la salle des séances plusieurs appareils de démonstration, donne un résumé assez étendu de ses mesures des dimensions des cylindres de différentes grandeurs, ainsi que de leurs pesées dans l'air et dans l'eau (*voir ANNEXE I*).

M. le PRÉSIDENT remercie, au nom du Comité, M. Guillaume de sa remarquable communication qui est une nouvelle preuve de l'esprit scientifique si apprécié, qui caractérise les travaux du Bureau international.

Il invite les Membres du Comité à se rendre après la séance dans les salles d'observations pour inspecter les instruments et appareils et entendre des démonstrations sur les méthodes employées dans les mesures exécutées pour la détermination du Litre.

M. le PRÉSIDENT exprime l'espoir que les Commissions nommées dans la première séance pourront vendredi prochain présenter une partie de leurs rapports. Il fixe par conséquent la prochaine séance du Comité à vendredi 21 avril, à 2<sup>h</sup>30<sup>m</sup>.

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



---

# PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

Vendredi 21 avril 1899.

PRÉSIDENTE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, F. DE P. ARRILLAGA, BENOÎT, BERTRAND, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, HÉPITES, HIRSCH, DE MACEDO, MENDELEEFF, MICHELSON, THALÉN.

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

Le procès-verbal de la deuxième séance est lu par le Secrétaire qui, au sujet de la décision prise en ce qui regarde l'Exposition, ajoute que la lettre au Commissaire général de l'Exposition a été envoyée le lendemain même de la séance.

M. le PRÉSIDENT ayant demandé si quelque membre avait des observations à présenter au sujet du procès-verbal, M. MENDELEEFF croit qu'il ne serait peut-être pas nécessaire de mentionner au procès-verbal la communication concernant sa délégation et la remarque qui s'y rattache.

Le SECRÉTAIRE répond que le bureau ne peut se dispenser de communiquer au Comité les dépêches officielles qui lui sont parvenues.

M. le PRÉSIDENT explique en outre que le bureau a dû, à cette occasion, insister à nouveau sur le principe établi par la Convention du Mètre, d'après lequel le Comité

n'est pas formé par des délégués désignés par chacun des Gouvernements signataires, mais se compose de quatorze Membres nommés par la Conférence diplomatique, et, dans le cas de vacances qu'il s'agit de combler, de nouveaux Membres élus par le Comité.

Le **SECRETARE** mentionne qu'au sujet des comparaisons périodiques, il a cru devoir, dans le procès-verbal, citer le texte même de l'article 6 qui, parmi les fonctions du Bureau international, stipule la charge de comparer périodiquement les prototypes, d'où il résulte que les États se sont engagés à envoyer au Bureau international leurs prototypes nationaux pour y être soumis à ces comparaisons.

**M. FOERSTER** fait remarquer que, selon la décision prise par la Conférence générale de 1895, il ne s'agit pas cette fois de la première des comparaisons complètes de tous les prototypes, prévues par la Convention, mais d'une simple revision des kilogrammes seulement et de leurs thermomètres.

Personne ne demandant plus la parole, **M. le PRÉSIDENT** déclare le procès-verbal adopté et prie **M. Bertrand**, président de la Commission des Finances, de faire connaître au Comité le premier rapport de cette Commission.

Sur l'invitation de **M. BERTRAND**, **M. ARNDTSEN**, rapporteur, donne lecture de la proposition suivante :

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

La Commission des Comptes et des Finances a examiné en détail les comptes pour les exercices de 1897 et 1898 et a trouvé que les comptes et les livres ont été tenus d'une manière très claire et tout à fait irréprochable.

La Commission a, en outre, constaté que toutes les dépenses sont justifiées par des pièces à l'appui, et elle propose, en conséquence, d'approuver les comptes du Bureau international des Poids et Me-

sures pour les exercices 1897 et 1898 et d'en donner décharge pleine et entière à M. le Directeur.

*Le Rapporteur,*  
A. ARNDTSEN.

*Le Président,*  
BERTRAND.

Aucun Membre ne présentant d'observation, M. le PRÉSIDENT met aux voix la proposition de la Commission et, à l'unanimité, le Comité approuve les Comptes du Bureau international pour les exercices de 1897 et 1898, et en donne décharge pleine et entière à M. le Directeur.

A la demande de M. le PRÉSIDENT, M. THALÉN, président de la Commission des Instruments et des Travaux, prie M. de Bodola de donner connaissance de son premier Rapport.

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

##### PREMIÈRE PARTIE.

La Commission des Instruments et des Travaux, composée de MM. BLASERNA, HÉPITES, MENDELEEFF, MICHELSON, THALÉN et de BODOLA s'est réunie, en première séance, le lundi 17 avril 1899, et, tous les membres étant présents, s'est constituée en nommant M. THALÉN président et M. DE BODOLA rapporteur.

La Commission a tenu une deuxième séance le mercredi 19 avril et une troisième le jeudi 20 avril.

M. FOERSTER, Président du Comité, et M. BENOÎT, Directeur du Bureau international, ont assisté à ces trois séances et, sur l'invitation de M. le Président, MM. Chappuis et Guillaume ont pris part aux discussions de la deuxième.

Comme conclusions de ses délibérations, la Commission fait au Comité les propositions suivantes :

1. La vérification de chacun des kilogrammes nationaux présentés à l'examen du Bureau sera faite en les comparant, en série fermée, aux deux Kilogrammes n° 9 et n° 31 du Bureau international. Ceux-ci devront ensuite eux-mêmes être contrôlés par un travail plus étendu, dans lequel devront être introduits au moins deux des kilo-

grammes prototypes qui sont restés disponibles au Bureau international depuis 1889, et qui n'ont été soumis depuis lors à aucune manipulation, ainsi que les Kilogrammes prototypes C et S.

2. Conformément à une motion de M. Blaserna, la Commission fait la proposition suivante : Si, en prenant comme point de départ les anciennes équations des Kilogrammes n° 9 et n° 31, les écarts résultant de la vérification des kilogrammes nationaux par rapport aux valeurs inscrites dans leurs certificats n'excèdent pas  $0^{\text{mg}},05$ , on admettra qu'il n'y a pas de raison suffisante pour croire à une variation réelle de ces kilogrammes, qui pourront dès lors être immédiatement rendus à leurs propriétaires.

Dans le cas contraire, le Bureau procédera à une nouvelle détermination avec les garanties et la précision équivalentes à celles des premières déterminations.

3. D'après les explications données par M. Benoit, il paraît désirable que le Bureau soit mis en possession d'une balance réunissant tous les perfectionnements réalisés pendant les derniers temps dans la construction de ces instruments.

On pourrait probablement obtenir ce résultat en demandant à M. Rueprecht, de Vienne, de reviser et de modifier l'une des principales balances qu'il a fournies autrefois au Bureau.

La Commission propose au Comité d'autoriser M. le Directeur à faire les dépenses nécessaires dans ce but, pourvu que le Comité, d'après le rapport de la Commission des Comptes et des Finances, juge que la somme nécessaire est disponible.

Le Bureau aura en même temps soin de continuer à améliorer autant que possible toutes les conditions de fonctionnement des balances.

4. La Commission propose au Comité de fixer à 200<sup>fr</sup> le prix des étalons décimétriques demandés jusqu'à présent et en construction au Bureau.

En cas de demandes ultérieures, elle est d'avis de fixer le prix des étalons décimétriques construits au Bureau à 300<sup>fr</sup>. Pour l'avenir elle propose que M. le Directeur se mette en communication avec des constructeurs d'instruments de précision, afin d'assurer, avec toutes les garanties nécessaires, la construction des étalons décimétriques, dont le Bureau se réservera toutefois l'étude et la détermination métrologique.

5. La Commission, après avoir pris connaissance des études déjà faites sur les thermomètres nationaux présentés à la première vérification périodique, propose que l'on se borne à déterminer la correction de calibrage du point 50 et la position actuelle du zéro. On ne fera d'études plus complètes que si la variation de la correction de calibrage du point 50 par rapport aux premières déterminations dépasse 0,005 degré, et celle de la position du point zéro 0,1 degré, ce qui donnerait lieu de juger que le thermomètre a subi des variations depuis l'époque de la première étude.

6. Au sujet du thermomètre à résistance électrique en platine, la Commission propose d'acquérir les appareils nécessaires à l'établissement de ce témoin pour les thermomètres étalons à mercure du Bureau. La dépense pour ces appareils, qui reviendra à 3000<sup>fr</sup> environ, sera inscrite sur le compte n° 2 (Frais des étalons et témoins internationaux).

7. Dans sa dernière séance, le Comité a demandé à la Commission des Instruments et des Travaux un préavis sur les renseignements à fournir à la Grèce concernant l'acquisition d'un étalon du mètre.

Après informations prises, la Commission estime qu'il convient de répondre que les prototypes du mètre en platine iridié, distribués en 1889, ont coûté aux États 11 000<sup>fr</sup>. Le prix des deux métaux ayant depuis lors considérablement augmenté, on peut évaluer à 15 000<sup>fr</sup> ou à 16 000<sup>fr</sup> le coût actuel d'une telle règle. Quant au temps nécessaire pour l'établissement d'un pareil prototype, il serait encore fort long, bien que n'exigeant plus les dix années nécessitées pour la première construction.

D'autre part, d'après les expériences faites depuis lors au Bureau international, on peut assurer qu'un étalon en nickel, qui reviendrait à 600<sup>fr</sup> environ, pourrait être fourni dans un temps relativement court et permettrait d'atteindre, dans les comparaisons, un degré d'exactitude très satisfaisant.

8. Au sujet de la communication de M. le général Bassot, Chef du Service géographique de l'Armée française, tendant à la création au Bureau international des Poids et Mesures d'une installation permettant l'étalonnage de fils métalliques destinés, d'après la méthode Jäderin, à des mesures de bases géodésiques, la Commission est d'avis qu'il conviendra d'étudier très sérieusement cette question.

Il faudra d'abord demander aux Institutions géodésiques des in-

formations détaillées sur le degré de précision qu'il est possible d'atteindre dans la mesure de bases avec le système Jäderin.

Dans ce but, il serait utile de s'adresser à M. le général Bassot lui-même et au Bureau central de l'Association géodésique internationale.

D'après les données qui seront acquises par cette enquête, on pourra décider s'il y aurait lieu de consacrer à ce procédé, de la part d'une Institution de haute précision, des moyens et des travaux. Le cas échéant, on pourra alors établir un projet des appareils et installations nécessaires pour atteindre la précision voulue et dûment justifiée.

Enfin il conviendra de demander au bureau de l'Association géodésique internationale de bien vouloir contribuer aux dépenses de ces installations à Breteuil.

Paris, le 20 avril 1899.

*Le Rapporteur,*  
Signé : L. DE BODOLA.

*Le Président,*  
Signé : ROB. THALÉN.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur les différentes propositions de ce Rapport.

Les deux premières, concernant la vérification des kilogrammes, sont adoptées à l'unanimité sans modifications.

Au sujet du point 3 du Rapport, dans lequel il est question de modifications à apporter aux balances, M. HIRSCH, pour pouvoir voter en connaissance de cause, prie M. le Directeur d'indiquer au Comité quels sont les principaux progrès réalisés depuis l'époque de la construction des balances du Bureau.

M. BENOÎT constate d'abord qu'ayant examiné soigneusement le fonctionnement des balances, il a trouvé qu'elles n'ont rien perdu de la valeur qu'elles avaient montrée dans les premières déterminations fondamentales. Toutefois, certains progrès ayant été réalisés dans les derniers dix ans, il y aurait peut-être quelques améliorations à y apporter. Par exemple, on a imaginé des dispositions qui permettent

d'enlever et d'ajouter les petits poids additionnels, sans être obligé d'approcher de la balance et d'ouvrir la cage.

En outre, il conviendra d'examiner si, d'après les expériences faites ailleurs, on devra adopter des mécanismes permettant le contact permanent des couteaux et d'assurer l'invariabilité de leur position pendant la durée d'une pesée.

En tout cas, M. Benoît estime qu'on devrait supprimer, dans la construction des balances, toutes les pièces en acier partout où elles ne sont pas absolument nécessaires, c'est-à-dire en dehors des couteaux. Ces organes en acier se rouillent et nécessitent de fréquents nettoyages, abstraction faite de l'influence magnétique qu'ils subissent et qui, entre autres, sont peut-être une cause de la difficulté qu'on éprouve, au moment du déclenchement, à séparer le fléau convenablement. Enfin, il sera peut-être utile de remplacer les cages en bois par des cages métalliques. Comme les balances du Bureau sont en somme restées excellentes, M. Benoît estime qu'il y aurait avantage à faire reviser une des balances Rueprecht par le constructeur, et à y faire apporter quelques-unes des modifications qu'il vient de signaler.

M. HÉPITES voudrait ne pas lier les mains de M. le Directeur, et le laisser libre, par exemple, d'accepter l'échange d'une ancienne balance Rueprecht contre une nouvelle, si le constructeur s'y prêtait.

M. BENOÎT répond que la rédaction proposée permet cette combinaison.

*Après ces explications, la troisième proposition de la Commission, mise aux voix, est adoptée.*

M. le PRÉSIDENT met en discussion la quatrième proposition concernant les étalons décimétriques.

M. HIRSCH, qui n'a pas eu la possibilité d'assister aux

séances de la Commission, avoue ne pas comprendre qu'on veuille fixer, pour des étalons ayant évidemment la même valeur scientifique, deux prix, uniquement pour la raison qu'ils auront été commandés un jour avant ou après la décision que le Comité prendrait, s'il acceptait cette proposition. On ne pourrait en tout cas appliquer une pareille mesure aux commandes des Gouvernements eux-mêmes.

**M. HÉPITES** explique que le Bureau ne pouvant pas construire lui-même tous les étalons qui seront probablement commandés, la Commission a pensé qu'il ne faudrait pas maintenir le prix de 200<sup>fr</sup>, qui, du reste, ne correspondrait même pas au véritable prix de revient, pour les étalons dont le Bureau devra dans l'avenir confier la construction à des maisons particulières.

**M. BLASERNA** expose qu'il a soulevé cette question dans la Commission, non seulement parce que le prix de 200<sup>fr</sup> est évidemment trop bas; mais dans le but de restreindre, si possible, par une élévation du prix, le nombre de commandes par lesquelles le Bureau serait en danger d'être débordé. Mais comme le prix de 200<sup>fr</sup> a été fixé il y a deux ans par le Comité, il faut bien s'y tenir pour les commandes déjà parvenues maintenant, tandis que le chiffre de 300<sup>fr</sup> s'appliquerait aux décimètres actuellement en préparation au Bureau et qui seront demandés désormais. Pour plus tard, le prix définitif dépendra de celui que fera le constructeur.

**M. MENDELEEFF**, qui sera peut-être dans le cas de commander encore quelques étalons décimétriques, désire être renseigné sur le nombre de commandes déjà faites et sur celui des étalons disponibles.

**M. BENOÎT** ne peut que savoir gré à **M. Blaserna** de son initiative d'augmenter le prix des étalons décimétriques; car l'expérience a montré que celui fixé, il y a deux ans,

reste au-dessous du prix de revient. Cependant il n'attache pas une grande importance à ce point financier; ce qui est surtout désirable à ses yeux, c'est que le Bureau ne puisse pas être, pour satisfaire à un nombre illimité de commandes ultérieures, transformé, pour ainsi dire, en atelier de construction, ce qui ne rentre pas précisément dans sa mission. Afin de réaliser cet important progrès métrologique, il a bien fallu, suivant la décision du Comité prise il y a deux ans, créer au Bureau même un certain nombre de types, puisque le nouveau métal exige une série d'opérations spéciales, par exemple de recuit, qui sont parfaitement étudiées au Bureau, mais ne sont pas encore connues généralement des constructeurs. Le Bureau a donc préparé 60 réglottes en acier-nickel et 20 en nickel, dont l'achèvement prendra encore bien des mois de travail, et, pour répondre à une des questions de M. Mendeleeff, il ajoute que, dans ce nombre, 27 sont déjà officiellement commandées. Une fois cette série terminée, M. Benoît croit qu'en s'adressant à des maisons de confiance, dont on connaît, par d'autres travaux exécutés, la conscience et l'exactitude nécessaires, et en leur indiquant d'avance la manière de traiter le nouveau métal, on pourra s'en remettre à elles pour la partie constructive proprement dite du travail.

M. HIRSCH, qui a été un des premiers à signaler le danger de voir l'Institution scientifique créée par la Convention du Mètre, absorbée par des travaux de construction, croit que ce danger ne devrait pas être combattu indirectement par une hausse de prix pour les commandes ultérieures, mais plutôt par une décision ferme de principe, prise par le Comité dans cette session. Il désirerait donc que la Commission modifiât sa proposition dans ce sens, et qu'elle demandât, en principe, de décider que, à part les types actuellement construits ou en cours de construction, le Bureau ne se chargera plus de la fabrication de ces échelles décimétriques, mais qu'il offrira de faire la vérification des étalons de ce genre et de leur fournir des certificats.

M. BLASERNA est d'accord avec MM. Benoît et Hirsch, sur le principe que le Bureau international doit se borner aux travaux de vérification; et telle avait été la pensée de la Commission, en proposant une élévation de prix; mais si le Comité trouve un autre moyen de préserver le Bureau contre le danger signalé, M. Blaserna est tout prêt à s'y ranger.

M. le PRÉSIDENT, pour tenir compte des diverses opinions qui viennent d'être émises, propose de renvoyer la décision à prendre à une prochaine séance, pour laquelle la Commission des Travaux pourra préparer une nouvelle rédaction.

*Le Comité approuve ce renvoi.*

M. le PRÉSIDENT passe à la cinquième proposition, concernant la revision des thermomètres accompagnant les kilogrammes, et invite M. Guillaume à présenter au Comité les quelques explications qu'il avait déjà fait valoir devant la Commission, et qui ont engagé celle-ci à se restreindre d'abord à l'examen des deux points 0° et 50°.

M. GUILLAUME expose que la revision ayant pour but de constater si quelques thermomètres distribués en 1889 ont subi depuis lors des modifications réelles, on peut en juger en vérifiant les positions du point 0° et du point 50°, puisque l'usage de ces thermomètres est pratiquement restreint à cette partie de l'échelle. Si l'on retrouve pour le point 50° la même correction qu'à l'origine, dans les limites de 0,005 degré, on peut admettre qu'il n'y a pas eu de changement réel; si elle est dépassée, on fera un nouveau calibre plus complet de la tige. Quant au point 0°, la longue expérience du passé permet de regarder la limite d'un dixième de degré comme admissible, sans être obligé de refaire toute la détermination, ce qui conduirait à exposer les thermomètres inutilement à des températures trop élevées, puisqu'ils ne doivent servir qu'aux températures ordi-

naires des laboratoires. Ce n'est donc qu'au-dessus de cette limite qu'il y aurait lieu de faire une nouvelle détermination des points fondamentaux.

M. Guillaume ajoute que si certains thermomètres montraient des indices de détériorations matérielles, tels que des fêlures, il serait utile que le Comité autorisât, dès maintenant, le Bureau à les renvoyer simplement aux propriétaires.

Après ces explications, *la proposition 5, ainsi complétée, est mise aux voix et adoptée.*

La sixième proposition n'ayant pas provoqué d'observation est adoptée par le Comité.

Il en est de même de la septième, contenant le préavis sur les renseignements à fournir à la Grèce, et le bureau est chargé de répondre à la Légation grecque, dans le sens de la délibération qui a eu lieu dans la précédente séance, et du préavis présenté dans celle-ci par la Commission.

Au sujet du huitième point abordé dans le Rapport de la Commission et concernant la démarche de M. le général Bassot, déjà mentionné dans le Rapport de M. le Directeur, en faveur d'une installation à Breteuil permettant l'établissement des fils Jäderin pour les mesures des bases, M. BENOÎT fait observer que M. Bassot, dans sa lettre, n'a pas fait une demande formelle, mais a simplement attiré l'attention du Comité sur l'intérêt qu'une pareille installation aurait pour la géodésie pratique.

Cette huitième proposition qui, du reste, conseille seulement une étude approfondie de la question, après renseignements pris près de MM. Bassot et Helmert, est adoptée par le Comité.

M. le PRÉSIDENT remercie M. de Bodola de son premier Rapport et invite M. Chappuis à présenter sa Communication au sujet des thermomètres à résistance électrique, annoncée dans le Rapport de M. le Directeur.

M. CHAPPUIS, qui met sous les yeux du Comité une partie de l'appareil ayant servi aux études faites avec la collaboration de M. Harker, rend compte de l'état actuel de ces travaux sur les mesures des hautes températures (*voir ANNEXE II*).

M. le PRÉSIDENT remercie M. Chappuis pour ses importantes explications et pour ses travaux consciencieux, qui mettront à la disposition des savants une échelle thermométrique bien plus étendue que celle des thermomètres à mercure.

Après une suspension de séance d'un quart d'heure, M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. Guillaume, pour l'exposé de ses études sur l'acier-nickel.

M. GUILLAUME développe, pour cette fois, les qualités du nouvel alliage au point de vue physique et métrologique, entre autres la réversibilité magnétique et thermique de l'acier-nickel, en mettant, sous les yeux du Comité, d'intéressantes expériences (*voir ANNEXE III*).

M. le PRÉSIDENT remercie M. Guillaume de cette Communication, à laquelle le Comité a pris un vif intérêt, et qui le rend désireux d'entendre, pour la prochaine fois, la théorie que M. Guillaume a conçue pour expliquer ces curieux phénomènes.

M. le PRÉSIDENT, afin de laisser aux Commissions le temps nécessaire pour poursuivre leurs travaux, fixe la prochaine séance du Comité à mardi 25, à 2<sup>h</sup>30<sup>m</sup>.

La séance est levée à 5<sup>h</sup>40<sup>m</sup>.



---

# PROCÈS-VERBAL

DE LA QUATRIÈME SÉANCE,

Mardi 25 avril 1899.

PRÉSIDENTE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, F. DE P. ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA, CHANEY, HÉPITES, HIRSCH, DE MACEDO, THALÉN.

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

M. le PRÉSIDENT a le regret d'informer le Comité que M. Mendeleeff lui a fait savoir qu'il était dans l'obligation de retourner immédiatement en Russie, en raison de l'état de santé de M<sup>me</sup> Mendeleeff.

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

Au sujet, mentionné au procès-verbal, du mandat donné par le Comité à son bureau, de se procurer des renseignements auprès de MM. Helmert et Bassot sur le degré d'exactitude qu'on peut atteindre avec la méthode Jäderin, le SECRÉTAIRE rend compte d'abord d'une réponse déjà reçue de M. Helmert. Ce savant géodésien est d'avis que les fils de Jäderin, même construits avec le meilleur métal, sont tellement variables que, sans des comparaisons quotidiennes sur le terrain avec une règle de bases, on ne peut obtenir des résultats suffisamment certains, comme l'ont démontré les expériences faites à Pulkowa, et comme M. Jäderin lui-même le reconnaît. Bien que l'emploi de

l'acier-nickel doit améliorer sensiblement les qualités de ces fils, **M. Helmert** ne saisit pas bien l'utilité d'étalonner, une fois pour toutes, un ruban ou un fil de ce genre dans une installation comme celle qu'on propose de créer à Breteuil.

D'autre part, le Secrétaire s'est rendu, le matin même, auprès de **M. le général Bassot**, pour lui communiquer la décision provisoire du Comité et lui demander des renseignements sur le degré de précision qu'il a eu l'occasion de constater dans l'emploi de la méthode Jäderin. **M. Bassot** estime avec **M. Helmert** qu'il ne faut pas se faire d'illusions sur la précision qu'on peut obtenir par ce moyen, qui, loin d'être de  $\frac{1}{500000}$ , ne peut arriver, même dans les conditions favorables, comme dans les mesures près de Paris, qu'à  $\frac{1}{1000000}$ . Cependant on peut se contenter de cette exactitude dans certains cas, par exemple dans les travaux topographiques à exécuter dans les colonies. **M. Bassot**, tout en reconnaissant la nécessité d'amener sur le terrain une règle de contrôle, croit extrêmement utile, sinon nécessaire, d'étalonner, avant ou après une campagne, le fil Jäderin dont on s'est servi. La création à Breteuil, dans ce but, d'une installation appropriée, qui profiterait aux autres pays aussi bien qu'à la France, n'a du reste rien d'urgent.

Quant aux frais occasionnés par cette installation, **M. Bassot** doute que son budget lui permette de fournir une contribution importante; mais il a émis, avec raison, l'opinion que l'Association géodésique internationale, la première intéressée dans une pareille entreprise, pourrait participer à la dépense. Du reste **M. Bassot**, d'accord avec **M. Hirsch**, ne verrait pas d'inconvénients à ce que ces étalonnages fussent soumis à des taxes qui allégeraient le sacrifice consenti.

**M. Hirsch** ajoute que l'Institution internationale métrologique doit être heureuse de rendre tous les services possibles à la science géodésique; car il ne faut pas oublier que c'est dans le sein de l'Association géodésique qu'a été

conçue l'idée de créer un Bureau international des Poids et Mesures.

M. le PRÉSIDENT annonce que la Conférence géodésique se réunira probablement l'année prochaine à Paris et qu'on pourra lui demander de se prononcer sur une contribution.

Il constate que le Comité est d'avis de confier la poursuite des négociations nécessaires à son bureau et à M. le Directeur.

M. le PRÉSIDENT rappelle qu'à propos de la communication faite l'autre jour par M. Chaney concernant l'influence des pressions variables sur la longueur des étalons, le Comité a résolu de donner suite, dans cette session, à une ancienne décision prise dans la séance du 21 septembre 1892, d'après laquelle le témoin n° 13 serait enfermé dans le vide. Les Membres du Comité ont sous les yeux l'appareil imaginé dans ce but par MM. Benoît et Chappuis, et consistant simplement en un tube de verre dans lequel on peut placer, sans l'exposer à une flexion sensible, le mètre choisi, et qu'on peut facilement rendre étanche par les procédés connus.

Il y a donc lieu d'ouvrir, dans cette session, le Dépôt des prototypes, et, à cet égard, M. le Président cite les dispositions de l'art. 18 du Règlement annexé à la Convention qui porte : « Le directeur du Bureau n'aura accès, au lieu du Dépôt des prototypes internationaux, qu'en vertu d'une résolution du Comité et en présence de deux de ses Membres. Le lieu de dépôt des prototypes ne pourra s'ouvrir qu'au moyen de trois clefs, dont une sera en la possession du Directeur des Archives de France, la seconde dans celle du Président du Comité et la troisième dans celle du Directeur du Bureau ». Comme on dispose des deux dernières clefs, M. le Président propose de faire sans retard les démarches nécessaires auprès de M. Servois, Garde général des Archives, afin de pouvoir procéder dès

la prochaine séance à l'ouverture du Dépôt des prototypes.

*Cette proposition est adoptée à l'unanimité.*

M. THALÉN, à la demande de M. le Président, prie M. de Bodola de donner lecture de la seconde partie du Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux, dont voici les termes :

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

**DEUXIÈME PARTIE.**

La Commission des Instruments et des Travaux s'est réunie dans une quatrième séance, lundi 24 avril 1899. Étaient présents : MM. THALÉN, Président; BLASERNA, HÉPITES, MICHELSON et DE BODOLA, Rapporteur.

M. FOERSTER, Président du Comité, et M. BENOÎT, Directeur du Bureau, assistaient à la séance.

Comme résultats de ses délibérations la Commission présente au Comité les propositions suivantes :

1. En ce qui concerne la question des prix des étalons décimétriques, renvoyée à une nouvelle étude de la Commission, celle-ci, après délibération, modifie de la manière suivante la quatrième proposition de la première partie de son Rapport :

La Commission propose au Comité de fixer à 200<sup>fr</sup> le prix des étalons décimétriques construits ou en voie de construction au Bureau international.

Pour l'avenir, elle propose que M. le Directeur se mette aussitôt que possible en relation avec des constructeurs d'instruments de précision, afin d'assurer avec toutes les garanties nécessaires la fabrication des étalons décimétriques, dont le Bureau se bornera à faire l'étude et la détermination métrologique.

2. D'après le rapport de M. Benoît sur l'entrevue que MM. le Président et le Secrétaire du Comité et lui-même ont eue avec M. De-launay-Belleville au sujet de la participation de l'Institution internationale des Poids et Mesures à l'Exposition de 1900, la Commission propose au Comité la décision suivante :

En renonçant à l'exposition d'instruments et d'étalons appartenant

au Bureau international, on exposera une collection de toutes les publications du Comité, accompagnée de photographies des principaux instruments et installations du Bureau international, prises sur les appareils mêmes ou sur les gravures contenues dans ces publications.

On pourrait y ajouter des tableaux et diagrammes statistiques représentant la propagation du Système métrique, et rédiger une petite publication spéciale concernant l'organisation et les travaux de l'Institution internationale des Poids et Mesures.

Il serait même désirable de faire figurer dans cette exposition les nouveaux prototypes du mètre et du kilogramme, si une démarche auprès du Gouvernement français, dont M. Delaunay-Belleville a bien voulu se charger, aboutissait : c'est-à-dire si ce Gouvernement consentait à adjoindre à cette exposition un des prototypes du mètre et du kilogramme qui lui appartiennent, ce qui, en même temps, constituerait un témoignage de l'origine française, non seulement du Système métrique, mais aussi de son développement international.

3. Quant aux publications, la Commission, d'accord avec M. le Directeur, recommande de commencer aussitôt que possible la publication des travaux concernant la relation entre le litre et le décimètre cube, et de ceux concernant les aciers-nickels, en réunissant, dans le Tome XII des *Travaux et Mémoires*, ces deux publications avec le travail sur la comparaison du Yard avec le Mètre, déjà imprimé.

Ensuite on pourra publier dans le Tome XIII les études sur la comparaison du thermomètre à gaz avec le thermomètre à résistance électrique.

*Le Rapporteur,*  
LOUIS DE BODOLA.

*Le Président,*  
ROB. THALÉN.

Au sujet du nouveau texte proposé par la Commission concernant les prix à fixer pour les étalons décimétriques, M. le PRÉSIDENT l'appuie d'autant plus que l'examen de la liste des commandes a montré qu'un assez grand nombre des Services nationaux des Poids et Mesures n'ont pas encore annoncé leurs commandes.

Personne ne présentant d'observations, *cette proposition est adoptée à l'unanimité.*

La discussion étant ouverte sur le point 2 du Rapport touchant la participation à l'Exposition de 1900, M. HIRSCH rappelle que, dans l'entrevue que la délégation a eue avec M. le Directeur de l'Exploitation, M. Delaunay-Belleville a exprimé des sentiments en complète conformité avec les points de vue du Comité; car M. le Directeur a déclaré tout de suite que le Gouvernement français, en invitant le Comité à exposer, a tenu à voir figurer beaucoup moins les instruments et appareils, dont il comprend parfaitement que le Bureau international ne peut pas se passer, que, pour ainsi dire, la personne morale de l'Institution, représentée par la collection de ses publications, par des photographies, des Tableaux statistiques, etc., rendant compte des progrès accomplis par le Bureau international, aussi bien pour l'extension que pour le perfectionnement du Système métrique. Pour justifier la pensée de faire figurer, dans l'exposition du Comité, en même temps un des prototypes du Mètre et du Kilogramme que la France a reçus en 1889, M. Hirsch a fait remarquer qu'on se conformerait ainsi au développement historique du Système métrique; car dès l'origine, à la fin du dernier siècle, les fondateurs du Système ont déjà compris l'utilité de faire intervenir la coopération d'une Commission internationale.

Après ces explications, la *deuxième proposition de la Commission est adoptée à l'unanimité.*

*La troisième proposition, concernant les publications, est adoptée sans observations.*

A ce propos, M. BENOÎT désire faire connaître au Comité qu'il est depuis quelque temps en correspondance avec M. Carey Foster pour entreprendre une publication en commun sur le thermomètre à résistance électrique, qui a occupé en même temps l'observatoire de Kew et le Bureau international. M. Harker traduirait le travail de M. Chappuis, qui de son côté traduirait le Mémoire de M. Harker, de sorte qu'on aurait ainsi une édition anglaise qui serait

publiée dans les *Philosophical Transactions de la Société royale* de Londres et une édition française qui paraîtrait dans les *Travaux et Mémoires* du Bureau.

M. HIRSCH appuie vivement cette heureuse combinaison, qui réalise d'une manière tout à fait nouvelle une coopération intime entre deux institutions scientifiques publiant leurs travaux en deux langues différentes.

M. le PRÉSIDENT constate l'unanimité *du Comité pour autoriser M. le Directeur à donner suite à ce projet.*

M. THALÉN demande la parole pour présenter la motion suivante :

Après la vérification des kilogrammes, on les rendra accompagnés d'une Note du Directeur qui comprendra : 1<sup>o</sup> les limites fixées antérieurement par le Comité entre les nouvelles déterminations et les anciennes, limites qui, si elles ne sont pas atteintes, permettent de considérer le kilogramme comme n'ayant pas changé, et de le renvoyer immédiatement à son propriétaire; et qui, si elles sont dépassées, exigeront une nouvelle détermination complète; 2<sup>o</sup> l'indication, pour chaque kilogramme, de l'écart entre la nouvelle équation et l'ancienne.

M. THALÉN ajoute que par ce moyen on assurerait la conformité désirée des unités fondamentales dans les différents pays, et, en outre, on expliquerait l'étendue des comparaisons exécutées dans cette première revision.

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

M. le PRÉSIDENT invite ensuite M. ARNDTSEN à présenter le *second Rapport de la Commission des finances.*

M. ARNDTSEN donne lecture du rapport suivant :

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

En approuvant le Rapport financier, très clair et très complet, de M. le Directeur, la Commission croit possible de faire disparaître le Compte IV, actuellement clôturé, de la comptabilité du Bureau international.

Quant aux étalons décimétriques, centimétriques et millimétriques en acier-nickel, dont le Bureau a commencé la construction avec tant de succès, la Commission propose que les dépenses pour cet objet, comme M. le Directeur le pratique déjà, soient inscrites, parmi les frais annuels, au Compte III.

En outre, la Commission propose que les recettes pour ces étalons soient simplement inscrites, comme remboursements des frais des échelles micrométriques, au même Compte.

D'après le Rapport de M. le Directeur, le Compte III a eu, au commencement de l'exercice 1899, un actif disponible de 48 484<sup>fr</sup>, 92.

En supposant que les contributions réglementaires rentrent sans arriérés, et que le budget ordinaire ne soit pas dépassé, l'actif disponible sera le même à la fin de l'année 1899, ou plutôt un peu augmenté par les intérêts à percevoir pendant cette année.

Au sujet des frais ordinaires annuels, la Commission soumet à l'approbation du Comité le budget suivant pour les deux exercices de 1900 et 1901 :

**PROJET DE BUDGET POUR LES EXERCICES DE 1900 ET 1901.**

**A. Personnel :**

1. Directeur.....	15 000	fr
2. Deux Adjoints .....	12 000	
3. Mécanicien .....	3 000	
4. Garçon de bureau.....	1 800	
5. Concierge.....	240	
6. Aide-calculateur.....	3 000	
7. Aides pour les études thermométriques.....	3 460	
8. Indemnité pour services et travaux extraordinaires des deux Adjoints.....	4 000	

**B. Indemnité du Secrétaire .....** 6 000

A reporter..... 48 500<sup>fr</sup>

	Report.....	48 500 <sup>fr</sup>
C. Frais généraux d'administration :		
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.....	4 000	fr
2. Entretien des machines.....	200	
3. Entretien des instruments.....	1 000	
4. Frais d'atelier.....	500	
5. Frais de laboratoire.....	900	
6. Achat de glace.....	600	
7. Frais de chauffage.....	2 700	
8. Frais d'éclairage et de gaz pour moteur..	3 000	
9. Concession d'eau.....	200	
10. Primes d'assurance.....	353	
11. Frais de bureau.....	600	
12. Bibliothèque.....	800	
13. Frais d'impressions et de publications..	8 000	
14. Frais de secrétariat.....	1 000	
15. Frais divers et imprévus.....	2 647	
	26 500	
Total.....		75 000

Ces budgets sont, comme on le voit, presque identiques avec celui de l'année courante. C'est seulement sous les n<sup>os</sup> C. 3, 4 et 6 que les sommes, conformément aux résultats de l'expérience des dernières années, ont été un peu modifiées.

De plus, en concordance avec les propositions de la Commission des Travaux et des Instruments, la Commission propose au Comité d'approuver les deux dépenses extraordinaires suivantes, savoir :

1<sup>o</sup> Pour les perfectionnements des balances du Bureau, jusqu'à concurrence de 5000<sup>fr</sup>;

2<sup>o</sup> Pour les appareils des thermomètres en platine à résistance électrique, comme témoins de nos thermomètres étalons, environ 3000<sup>fr</sup>;

et d'inscrire ces dépenses, la première au Compte I, la seconde au Compte II, dont la situation financière permet facilement de supporter ces dépenses.

Finalement, quant à l'entrée de la Grèce dans la Convention du Mètre, la Commission, ayant consulté les précédents, recommande de calculer la contribution d'entrée, éventuellement à payer par la Grèce, sur les bases suivantes :

Les frais d'établissement du Bureau international, en y ajoutant la somme des contributions accordées par les Gouvernements sur la base de l'art. 21 du Règlement de la Convention, montent à 581 725<sup>fr</sup>.

La part qui aurait incombé à la Grèce, si elle avait adhéré dès l'origine à la Convention du Mètre, détermine maintenant sa contribution d'entrée.

Il faudrait donc connaître le chiffre de la population de la Grèce et lui attribuer le coefficient dépendant de l'état légal du Système métrique dans ce pays.

En supposant une population de 2,5 millions et en admettant le coefficient 2, c'est-à-dire l'usage actuellement facultatif du Système métrique, le facteur de la part contributive serait de 5, ce qui donnerait la somme d'à peu près 2550<sup>fr</sup> comme contribution d'entrée et, en outre, de 350<sup>fr</sup> environ comme contribution annuelle.

Si l'on était d'avis qu'il faut attribuer à la Grèce le coefficient 3, c'est-à-dire en supposant l'usage obligatoire du Système métrique, la contribution d'entrée serait d'environ 3800<sup>fr</sup>, et la contribution annuelle environ 520<sup>fr</sup>.

*Le Rapporteur,*

A. ARNDTSEN.

*Le Président,*

J. BERTRAND.

H. CHANEY.

M. le PRÉSIDENT relève que les contributions de la Grèce, proposées par la Commission et se montant, pour la contribution d'entrée, à 2500<sup>fr</sup> environ et, pour la contribution annuelle, à 350<sup>fr</sup>, sont conformes aux précédents, et si le Comité les accepte, elles seront communiquées par le bureau à la Légation grecque.

Aucun Membre ne demandant la parole, M. le Président met aux voix *l'ensemble du Rapport qui est adopté à l'unanimité.*

M. GUILLAUME prie M. le Président de lui accorder la parole pour demander au Comité une autorisation concernant la bibliothèque. Déjà le Rapport de M. le Directeur a mentionné l'échange heureux que le Bureau a pu faire entre ses publications et la collection des *Transactions of the Philosophical Society* de Cambridge, très rare et compre-

nant des volumes presque épuisés. Le Bureau a pu remettre l'ensemble de ses publications, sauf les Tomes I et II des *Travaux et Mémoires*, qu'on ne peut plus se procurer et dont il ne reste, au Dépôt établi par le Comité au Bureau, que vingt-cinq exemplaires du Tome I et trente du Tome II. M. Guillaume, après en avoir entretenu le Directeur, demande donc l'autorisation de distraire un exemplaire de chacun de ces volumes pour les envoyer à Cambridge.

M. le DIRECTEUR appuie cette proposition par la considération que le Dépôt a été précisément formé en vue de semblables occasions.

En outre, afin d'augmenter le nombre très restreint des Tomes I et II que possède le Dépôt, M. Guillaume émet l'idée que le Comité pourrait peut-être demander à ses Membres de s'informer si, parmi les exemplaires de ces volumes distribués dans le temps, il s'en trouverait qui ne sont pas utilisés et qu'on pourrait racheter dans des conditions acceptables.

Le Comité autorise le Bureau à envoyer à Cambridge les deux volumes en question et recommande à ses Membres de donner suite, si l'occasion se présente, à l'idée émise par le bibliothécaire.

M. le PRÉSIDENT, constatant que l'ordre du jour de la séance ne comprend plus que la dernière partie de la communication de M. GUILLAUME, invite celui-ci à développer les théories auxquelles l'ont conduit les curieux et nouveaux phénomènes qu'il a observés (*voir ANNEXE III*).

M. le PRÉSIDENT remercie M. GUILLAUME de l'exposé de ses intéressantes hypothèses dont on ne méconnaîtra pas le caractère scientifique, et souhaite à leur auteur une réussite complète dans la suite de ces importantes recherches.

M. le PRÉSIDENT propose de tenir la prochaine séance jeudi 27 avril à 2<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>.

En dehors de plusieurs points encore à décider, par exemple le programme des Travaux du Bureau international pour l'exercice suivant, et en particulier la publication des Volumes XII et XIII des *Travaux et Mémoires*, ainsi que la question de la Caisse de retraite et du Fonds de réserve, l'ordre du jour de cette séance comprendra une communication que M. Michelson a promis de faire sur sa méthode de tracer et d'observer des échelles de haute précision, puis l'ouverture du Dépôt des prototypes, ainsi que l'inspection des salles et instruments nouveaux, entre autres de la machine à diviser; enfin, des motions ou propositions individuelles que quelques Membres voudront formuler.

Le Comité jugera, jeudi même, si, pour épuiser ce programme assez étendu, une dernière séance sera nécessaire qu'on pourrait fixer à samedi, jour où il sera probablement possible de refermer le Dépôt des prototypes.

La séance est levée à 5<sup>h</sup>.



---

# PROCÈS-VERBAL

DE LA CINQUIÈME SÉANCE,

Judi 27 avril 1899,

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

**MM. ARNDTSEN, F. DE P. ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE  
BODOLA, CHANEY, HÉPITES, HIRSCH, MICHELSON, THALÉN.**

La séance est ouverte à 2<sup>h</sup>45<sup>m</sup>.

Le procès-verbal de la quatrième séance est lu et adopté après une remarque de **M. Benoît**, suivant laquelle l'emplacement nécessaire à l'établissement des fils Jäderin projeté pourrait être trouvé sur le terrain du pavillon de Breteuil, derrière le bâtiment des salles d'observation. Mais **M. Benoît** prévient le Comité que les fondations et les constructions coûteraient assez cher.

**M. le PRÉSIDENT**, avant d'entrer dans l'ordre du jour, attire l'attention des Membres sur une collection de thermomètres que **M. Guillaume** a disposés dans la salle des séances et qui témoignent des grands progrès accomplis dans la construction de cet instrument de première nécessité, essentiellement sous l'influence du Bureau international. Il donne la parole à **M. Guillaume** pour quelques explications sur cette page d'histoire de la thermométrie.

**M. Guillaume** présente d'abord au Comité une brochure de **M. Mohn**, directeur de l'Institut météorologique du Royaume de Norvège, inti-

tulée : *Das Hypsometer, als Luftdruckmesser und seine Anwendung zur Bestimmung der Schwerekorrektion.*

L'auteur donne, dans ce travail, de longues séries de comparaisons d'un thermomètre hypsométrique avec un baromètre normal et arrive à la conclusion que des comparaisons de cette nature permettraient de déterminer, avec une précision suffisante pour les météorologistes, la correction de gravitation à appliquer aux mesures des hauteurs barométriques en diverses stations.

C'est une conclusion à laquelle M. Guillaume était déjà arrivé par des comparaisons semblables, embrassant une période de douze ans. Les premiers résultats de ces mesures ont, d'ailleurs, été communiqués au Comité en 1887.

Cette grande précision dans les mesures par le thermomètre hypsométrique est due aux perfectionnements très importants qu'ont subis les thermomètres depuis une vingtaine d'années, tout particulièrement sous l'impulsion du Bureau international.

En dehors de l'élaboration complète des principes de la thermométrie, l'emploi du verre dur et la construction de plus en plus soignée des thermomètres ont permis, en effet, d'obtenir des résultats qui avaient été jugés à jamais irréalisables au début des travaux de la Commission du Mètre.

Une série de thermomètres montrant la suite des progrès réalisés dans la construction sont présentés au Comité. Ce sont : un thermomètre de Sheepshanks, faisant partie de la série qui fut construite vers 1850, au moment du rétablissement de l'étalon du Yard ; un Kew Standard de 1880 ; un thermomètre de Hicks en cristal anglais ; un thermomètre Alvergniat, de l'une des premières livraisons faites au Bureau ; un des premiers thermomètres de Tonnelot ; enfin un thermomètre de Baudin de construction récente. Ce dernier instrument, qui présente un très haut degré de perfection, est précisément un thermomètre hypsométrique, divisé en cinquantièmes de degré et destiné à l'expédition suédo-russe du Spitzberg. Les observations faites ces derniers jours avec quatre de ces instruments ont montré que l'on peut, à l'aide des thermomètres hypsométriques, apprécier les variations du baromètre qui se produisent dans l'espace d'une minute. Les nouveaux thermomètres permettront certainement de dépasser en précision les résultats atteints jusqu'ici soit par M. Mohn, soit par le Bureau international.

**M. le PRÉSIDENT** invite les Membres du Comité à procéder

à l'ouverture du caveau des prototypes et à en retirer le témoin n° 13 destiné à être placé dans le vide.

Le caveau et le coffre-fort sont trouvés dans toutes les conditions voulues de sécurité, et pour le Mètre lui-même, qui, porté sur la table des séances, est retiré de son étui par M. le Directeur; on constate qu'il est dans le plus complet état de conservation; le poli est resté parfait et les traits absolument intacts.

Cet état des choses sera consigné dans un procès-verbal dressé à cet effet et qui sera soumis à la ratification du Comité (1).

M. le DIRECTEUR et M. CHAPPUIS sont chargés de placer le Mètre n° 13 dans son nouvel étui étanche et de faire la lecture du manomètre, afin qu'on puisse replacer dans le caveau ce témoin après s'être assuré de l'étanchéité du tube dans lequel il restera désormais enfermé.

A la prière de M. le PRÉSIDENT, M. MICHELSON présente une communication sur une nouvelle méthode de tracer et d'observer des divisions de précision formées par des traits lumineux sur fond noir (*voir ANNEXE IV*).

M. le PRÉSIDENT remercie M. Michelson de son intéressante Communication, qui promet d'augmenter encore d'une manière sensible le degré de précision déjà si remarquable obtenu au Bureau dans le tracé et l'observation des divisions des échelles de précision. Il ouvre la discussion sur ce sujet.

M. BLASERNA a suivi avec grand intérêt l'exposé de M. Michelson, et il se propose de faire dans son laboratoire de Rome des expériences pour étudier l'emploi des franges dans ce domaine et se rendre compte du degré étonnant de précision que, suivant M. Michelson, cette méthode permet d'atteindre.

---

(1) Voir sixième séance

M. BENOÏT explique qu'il vient de faire au Bureau, avec M. Michelson, quelques essais de la nouvelle méthode, mais qui n'ont pas bien réussi: d'abord parce que la couche d'argent employée était peut-être un peu épaisse, et surtout parce que le tracelet de la machine à diviser, destiné à d'autres emplois, a trop d'inertie, de sorte qu'il faudrait lui donner un support spécial.

Sur la demande de M. le PRÉSIDENT s'il serait possible de préparer le nécessaire pour la prochaine séance, de sorte que les Membres du Comité pussent encore voir ces traits sur fond noir proposés par M. Michelson, M. le Directeur en doute; mais en tout cas, comme M. Michelson doit rester encore quelques jours à Paris, on pourra profiter de sa présence pour faire une première série d'études en commun.

A la suite de la visite au caveau, le Comité a procédé à l'inspection des salles d'observations et des instruments qui ont été trouvés en parfait état. Son attention a été attirée spécialement sur la belle machine à diviser, construite par la Société genevoise, par un travail de deux ans environ, pour lequel M. Benoît est intervenu par une coopération minutieuse et en fournissant des épures et des calculs pour les organes essentiels. Certains de ces derniers ont été même entièrement construits dans l'atelier du Bureau.

Ce dernier a été visité également par le Comité, qui a pu se rendre compte des heureuses dispositions qui ont permis de réaliser les échelles décimétriques dont on a admiré la grande perfection.

A cette occasion, M. le PRÉSIDENT se permet, au nom du bureau, de proposer au Comité d'allouer une gratification extraordinaire de 500<sup>fr</sup> à M. Huetz, mécanicien du Bureau, qui a rendu des services réels par l'habileté et la conscience

avec lesquelles il a exécuté les difficiles travaux que M. le Directeur lui a confiés.

M. Benoît est d'autant plus heureux de voir le bureau du Comité prendre cette initiative, qu'il avait lui-même l'intention de faire une proposition analogue en faveur de cet employé, dont il n'a eu qu'à se louer depuis son entrée en fonctions.

*Le Comité alloue à l'unanimité la gratification proposée.*

M. HIRSCH demande à présenter une motion destinée à avancer l'exécution d'une ancienne décision votée par le Comité, dans sa séance du 21 septembre 1892, et par laquelle l'engagement a été pris de créer à Breteuil, sur la demande de l'Association géodésique internationale, une station pour comparer des pendules servant à la mesure de la pesanteur. La dernière Conférence géodésique, tenue à Stuttgart en 1898, a exprimé le désir de voir cette station de pendule réalisée prochainement, et a mis à la disposition du Comité les 3000 marcs alloués déjà auparavant dans ce but.

Afin de faire dans cette voie un pas décisif, il semble à M. Hirsch qu'il faudrait songer avant tout à acquérir un comparateur vertical servant à déterminer, pour les pendules destinés aux mesures absolues de la pesanteur, la distance entre les couteaux, ainsi que les corrections de leurs échelles divisées. Un tel comparateur, qui serait utile pour de nombreuses autres études métrologiques, doit faire partie de la collection des instruments fondamentaux du Bureau international des Poids et Mesures.

En outre, pour la station de pendules, il faudrait se procurer une bonne horloge ou un chronomètre de marine de premier ordre, dont la marche pourrait être contrôlée, aux jours d'observations de pendules, par des signaux d'heure qui seraient envoyés par l'Observatoire de Paris.

Enfin, M. Hirsch rappelle que les fondations des piliers nécessaires sont déjà exécutées dans la salle n° 4.

Il ajoute que peut-être M. le Directeur pourrait pré-

senter, dans la prochaine séance, non pas un devis exact, mais une simple évaluation approximative des frais qui seraient occasionnés par une telle installation. M. Hirsch reconnaît que cette création exigera, en dehors de la participation de l'Association géodésique, un sacrifice financier du Comité et un accroissement du travail déjà si considérable du personnel scientifique du Bureau; mais il y a des raisons d'espérer que les Gouvernements des États contractants, appréciant les grands services déjà rendus par l'Établissement international qu'ils ont fondé, et l'augmentation considérable du champ d'action de cette Institution, augmentation provoquée en partie par leurs grands Services nationaux, consentiront à revenir à la première dotation annuelle de 100 000 francs.

M. le PRÉSIDENT, qui est d'accord avec M. Hirsch en principe, croit qu'il serait difficile à M. le Directeur d'apporter dans la prochaine séance un devis tant soit peu suffisant des frais qu'entraînera ce service des pendules; mais le Comité pourrait en tout cas, sans s'engager trop dans ce moment quant aux détails de l'installation, se prononcer en faveur de l'acquisition d'un comparateur vertical et charger M. le Directeur de préparer une étude assez tôt pour qu'on puisse communiquer l'année prochaine à la Conférence géodésique, qui siégera probablement à Paris, un projet d'exécution.

M. le DIRECTEUR rappelle que cette question a déjà été étudiée dans le Comité il y a plusieurs années et que, dans l'impossibilité de prévoir encore la nature et les dimensions des instruments de pendules dont on demanderait la vérification, il a été décidé qu'on se contenterait de faire d'abord, dans la salle 4, une forte fondation pour les piliers nécessaires. Cette fondation a été exécutée et les frais en ont été imputés dans la comptabilité du Bureau sur la subvention de 3000 marcs accordés par l'Association géo-

désique. Quant à un devis général pour l'installation, c'est une question à étudier longuement.

**M. HIRSCH**, sans désirer qu'on s'occupe aujourd'hui d'aucun détail de construction et de finances, insiste sur l'opportunité de prendre, dans cette séance, une décision qu'il propose de formuler dans les termes suivants :

« Le Comité décide qu'il est de l'intérêt du Bureau international des Poids et Mesures d'acquérir le plus tôt possible un comparateur vertical pouvant, à côté d'autres travaux métrologiques, servir à la comparaison des instruments de pendules; il charge son bureau, en commun avec **M. Benoît**, d'étudier tous les détails d'exécution et de communiquer en temps opportun au Comité, par correspondance, le projet qui en résultera. »

**M. FOERSTER** se rallie volontiers à cette proposition et demande à **M. Hirsch** si, dans son esprit, il entend qu'on emploiera à cette acquisition la somme disponible sur les 3000 marcs alloués par l'Association géodésique.

**M. HIRSCH** répond qu'il laisse pour le moment de côté la question financière; mais que, en tout cas, une partie de la dépense sera couverte par l'allocation reçue; et, si cette ressource ne suffisait pas, il y aurait lieu de faire aussi un petit sacrifice de la part du Comité.

**M. HÉPITES** est tellement convaincu de l'utilité d'un comparateur vertical pour un établissement métrologique de premier ordre, qu'il en voterait l'acquisition, même si la ressource provenant de l'Association géodésique n'était pas disponible.

**M. DE BODOLA**, à l'appui de la proposition de **M. Hirsch**, fait remarquer que le comparateur vertical permettra de faire la détermination des pendules et de leurs échelles dans des conditions plus pratiques que dans le comparateur

horizontal; car on peut ainsi mieux déterminer le coefficient d'élasticité dont il faut tenir compte.

M. le PRÉSIDENT déclare la discussion close et met aux voix la *proposition de M. HIRSCH, qui est adoptée à l'unanimité.*

Après quelques indications de la part de M. le PRÉSIDENT sur les points qui restent à traiter dans la dernière séance qu'il fixe à samedi 29 avril à 3<sup>h</sup>, la séance est levée à 5<sup>h</sup>45<sup>m</sup>.



---

## PROCÈS-VERBAL

DE LA SIXIÈME SÉANCE,

Samedi 29 avril 1899.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

---

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, F. DE P. ARRILLAGA, BENOÎT, BERTRAND,  
DE BODOLA, CHANEY, HÉPITES, HIRSCH, DE MACEDO, MICHELSON,  
THALÉN.

La séance est ouverte à 3<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.

M. le PRÉSIDENT présente au Comité les regrets de M. Blaserna de ne pouvoir assister à la dernière séance, s'étant trouvé obligé de partir vendredi soir.

Le SECRÉTAIRE s'excuse de ne pouvoir lire le procès-verbal de la cinquième séance, n'ayant pas eu le temps d'en terminer la rédaction. Du reste, il propose de suivre le précédent de la dernière session, et de confier au bureau la mission d'approuver, au nom du Comité, les procès-verbaux. Cette proposition est adoptée.

M. le PRÉSIDENT demande à M. le Directeur de donner lecture du procès-verbal spécial suivant, qui a été rédigé à l'occasion de l'ouverture du Dépôt des prototypes :

### Procès-verbal.

Le 27 avril 1899, à 3<sup>h</sup> de l'après-midi, en présence des Membres du Comité qui assistaient à la séance de ce jour, on a procédé à

L'ouverture du Dépôt des prototypes internationaux. Conformément à une décision prise dans la précédente séance, on avait réuni les trois clefs des trois serrures du Dépôt, clefs dont la première est déposée aux Archives nationales de France, la seconde est confiée au Président du Comité, et la troisième reste au Bureau international.

Les deux portes de fer du caveau ayant été ouvertes, ainsi que le coffre-fort qui renferme les prototypes, on a constaté que ceux-ci s'étaient conservés en parfait état depuis la précédente ouverture du Dépôt. On a relevé, sur les instruments météorologiques enfermés dans le coffre-fort, les indications suivantes :

Thermomètre Baudin, n° 8568, température actuelle..	9,8 <sup>o</sup>
Thermographe Tonnelot à mercure et alcool, à maxima et minima : Température actuelle .....	10,0
» maxima .....	12,0
» minima.....	8,0
Thermographe bimétallique : Température maxima...	11
» minima...	9
Hygromètre à cheveu.....	96 pour 100

Le Mètre témoin n° 13 a été retiré immédiatement pour être enfermé dans un tube clos, sous pression réduite. Le Dépôt a été ensuite refermé.

W. FOERSTER, A. HIRSCH, R. BENOÎT.

Ce procès-verbal est ratifié par le Comité.

M. BENOÎT ajoute qu'il s'est occupé, avec M. Chappuis, d'enfermer le Mètre n° 13 dans le tube préparé à cet effet et d'y faire le vide. On a constaté, ce matin, qu'après vingt-quatre heures il n'y a eu aucune rentrée d'air, de sorte qu'après la séance on pourrait procéder à la nouvelle fermeture dans le coffre-fort, dont les serrures ont été, à cette occasion, nettoyées et huilées.

M. le PRÉSIDENT, afin d'obtenir une plus grande sécurité au sujet de l'étanchéité du tube, croit préférable d'observer quelques jours encore le manomètre, et dans ce but le Comité autorise les deux Membres du bureau à procéder avec M. Benoît, un des jours de la semaine prochaine, à la fermeture du Dépôt.

Voici le procès-verbal qui a été dressé après cette fermeture (1).

#### Procès-verbal.

Le 2 mai 1899, en présence de MM. Foerster, Hirsch, Benoit, Chappuis, le Dépôt des prototypes a été rouvert, pour y renfermer de nouveau le Mètre n° 13, qui avait été retiré le 27 avril précédent.

Dans l'intervalle, ce Mètre n° 13 avait été enfermé dans un tube de verre hermétiquement fermé, et dans lequel on a fait le vide. Ce tube est arrondi et fermé à une extrémité. A l'autre, il a été rodé, de façon à s'appliquer exactement sur une glace plane par son pourtour. Cette glace porte, scellée en son centre, une petite éprouvette manométrique.

Le Mètre est appuyé, à l'intérieur du tube, sur un support, formé d'une lame épaisse de laiton, sur laquelle il porte par toute sa longueur. Des cales convenablement placées et des buttoirs le maintiennent en place, tout en lui laissant une entière liberté pour les dilatations ou contractions produites par les variations de température.

Le joint du tube et de la glace rodée qui le ferme a été fait au moyen de baume du Canada. Le vide a été fait ensuite au moyen d'une pompe à mercure. Au moment où le tout a été enfermé dans le coffre-fort du Dépôt des prototypes, la pression intérieure pouvait être évaluée à environ 1<sup>mm</sup> de mercure; cette pression s'était maintenue sans variation appréciable dans l'intervalle de quatre jours compris entre le 27 avril et le 2 mai.

Le coffre-fort et les portes du Dépôt ayant été refermés, l'une des clefs a été rendue à M. le Président du Comité, présent à l'opération. La seconde sera rendue sans délai à M. le Garde-général des Archives de France, par les soins du Directeur du Bureau, qui conservera la troisième clef en sa possession.

W. FOERSTER, A. HIRSCH, R. BENOIT.

---

(1) La fermeture a eu lieu le mardi 2 mai, en présence du Président et du Secrétaire, et c'est pour rassembler tous les documents concernant cette opération qu'on a fait figurer aussi ce procès-verbal à cette place.

*Le Secrétaire, A. H.*

A ce propos M. ARNDTSEN fait la motion d'ouvrir et d'inspecter, à chaque session du Comité, le Dépôt des prototypes internationaux.

M. le PRÉSIDENT appuie cette motion, qui permettra de constater, à des époques suffisamment rapprochées, non-seulement la réussite de l'opération par laquelle on a mis le Mètre n° 13 sous pression constante, mais, en général, de s'assurer du bon état des témoins.

*La motion de M. Arndtsen est adoptée à l'unanimité.*

M. le PRÉSIDENT met en discussion le programme des Travaux du Bureau international et donne la parole à M. le Directeur pour présenter des propositions à cet égard.

M. BENOÎT fait remarquer que, naturellement, il s'agit d'abord de terminer les travaux qui sont actuellement en cours d'exécution et pour lesquels il y a encore beaucoup à faire. Ainsi, en premier lieu, on pourrait inscrire dans le programme l'achèvement des étalons décimétriques, ce qui exigera une assez forte somme de travail, ainsi que la continuation des études si importantes, au point de vue théorique et pratique, sur le nouvel alliage en acier-nickel.

En second lieu, il y aurait à achever et à étalonner la nouvelle règle normale en acier-nickel qui a été mise sous les yeux du Comité. A ce travail s'adjoindra l'étude du comparateur dont il a été question dans le Rapport du Directeur, et qui, destiné surtout à l'étalonnage des décimètres, pourra aussi servir à des comparaisons plus compliquées.

Troisièmement, on devra s'occuper de la vérification des kilogrammes, suivant les décisions prises par le Comité, ainsi que celle des thermomètres qui les accompagnent.

Quatrièmement, il faudra achever l'étude de la machine

à diviser, ce qui exigera la détermination, plusieurs fois répétée, des erreurs de division sur une longueur d'un mètre.

Cinquièmement, ainsi qu'il résulte du Rapport du Directeur, il reste, pour pouvoir publier le grand travail sur la détermination du litre, quelques opérations à terminer et quelques corrections à établir.

Sixièmement, on a demandé au Bureau la détermination d'un assez grand nombre de règles géodésiques. En premier lieu, le Bureau est appelé à vérifier la grande règle bimétallique de France, lorsqu'elle reviendra, après avoir servi à des opérations trigonométriques en Turquie et en Roumanie. Le même Service géographique a, en outre, commandé une règle en acier-nickel, qui sera soumise à l'étalonnage du Bureau lorsqu'elle aura été livrée dans quelques mois. On se souvient que le Bureau a dû commander pour lui-même une semblable règle en invar, mais d'une section un peu plus forte. La vérification d'une troisième règle de même métal, destinée à une expédition scientifique au Spitzberg, est demandée par le Gouvernement suédois. Le Gouvernement de Serbie a même cru pouvoir commander, pour le plus tôt possible, au Bureau, une règle de 4<sup>m</sup> pour comparer les fils Jäderin ; suivant les règles établies, le Bureau ne pourra que répondre qu'il ne se charge pas de fournir des règles, mais seulement de les étalonner. Enfin, une demande de vérification d'une règle destinée au service d'arpentage d'Égypte est parvenue au Bureau. Comme l'Égypte n'a pas encore adhéré à la Convention du Mètre, il y a là une difficulté dont la solution est de la compétence du Comité ou de son bureau. En résumé, le Bureau a six règles géodésiques à étudier prochainement.

Septièmement, le Bureau est appelé, par les décisions du Comité, à préparer la publication des deux Tomes XII

et XIII des *Travaux et Mémoires*, pour lesquels les matériaux sont achevés ou le seront prochainement. Ainsi, on pourrait y comprendre la comparaison du Yard au Mètre, la détermination du décimètre cube d'eau; le travail qu'on a décidé de publier, en commun avec l'Observatoire de Kew, sur les mesures des températures élevées au moyen du thermomètre à résistance électrique; enfin d'autres travaux qui seront terminés dans le courant de l'exercice prochain.

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur le projet de programme soumis par M. le Directeur.

Quant à lui, personnellement, la somme considérable des travaux lui a suggéré l'idée que, pour arriver à terminer les plus urgents pour l'époque de la Conférence générale en 1901, il serait peut-être indiqué de mettre à la disposition de M. le Directeur un second aide. Par exemple, pour être assuré de pouvoir soumettre à la Conférence générale les résultats de la première revision des kilogrammes, il est probable qu'il faudra faire quelques séries assez étendues pour une nouvelle détermination complète de quelques kilogrammes qui auront montré des variations dépassant les limites fixées.

M. le DIRECTEUR prévoit quelques difficultés à la réalisation de cette bienveillante pensée, d'abord au point de vue financier, puisque la somme portée au budget pour les traitements du personnel ne saurait être dépassée sans créer des embarras à d'autres chapitres; ensuite parce qu'il ne faut pas se faire d'illusions sur l'efficacité du concours d'un jeune aide, auquel on ne peut pas, sans une éducation assez longue, confier des instruments délicats comme les balances et les comparateurs.

M. HIRSCH répond que, si M. le Directeur a des doutes sur la convenance de lui adjoindre un second aide, le Comité ne voudrait pas lui forcer la main. Cependant M. Hirsch

estime que les difficultés financières ne seraient pas un grave obstacle, attendu qu'on peut prévoir quelques ressources extraordinaires par suite de l'entrée de nouveaux États dans la Convention : par exemple de la Grèce, et peut-être du Brésil; car le bureau a l'intention de reprendre avec le Représentant diplomatique de ce pays à Paris les anciennes négociations qui avaient déjà presque abouti dans le temps à son adhésion à la Convention du Mètre. Du reste, il ne faut pas oublier que le Comité est autorisé à faire des virements en cas de nécessité.

D'un autre côté, il semble à M. Hirsch que, s'il faut quelques mois pour mettre un homme capable au courant, il n'en est pas moins vrai qu'il peut ensuite rendre des services réels au personnel scientifique en le déchargeant de certains travaux, comme de calculs, de corrections et même d'observations pas trop compliquées.

M. le PRÉSIDENT ajoute aux raisons qui viennent d'être indiquées qu'il est plus important d'arriver devant la Conférence avec un certain nombre de travaux fondamentaux complètement achevés, que d'apporter des comptes présentant des excédents de ressources. Du reste, il s'agit seulement d'autoriser M. le Directeur à nommer un second aide, si au cours de l'exécution du programme il se conviendrait qu'il ne pourra pas terminer sa tâche avec les ressources de personnel dont il dispose.

M. le DIRECTEUR ayant déclaré que, dans ces conditions, il n'a plus aucune objection à soulever, *le Comité accorde l'autorisation proposée par le bureau.*

M. le PRÉSIDENT demande s'il y a d'autres observations à présenter au sujet du programme des travaux.

M. HIRSCH pense qu'il serait utile de faire figurer expressément dans ce programme la continuation des études de M. Chappuis sur le thermomètre à résistance électrique et le thermomètre à gaz, en raison de l'importance que les

physiciens attacheront à être mis en possession le plus tôt possible des moyens thermométriques pour des températures dépassant considérablement les limites dans lesquelles on peut se servir des thermomètres à mercure.

M. BENOÎT rappelle qu'à cet égard le Comité, sur la proposition de la Commission des travaux, a voté déjà un crédit pour l'acquisition des instruments perfectionnés nécessaires. Il est donc entendu qu'on continuera, et il ne voit aucune objection à inscrire ce point dans le programme.

En tenant compte de ces différentes observations, le programme des travaux du Bureau international pour l'exercice suivant *est adopté à l'unanimité par le Comité.*

M. le PRÉSIDENT désire faire savoir au Comité que le bureau se propose de publier les importantes communications présentées dans la séance par MM. Chappuis, Guillaume et Michelson, non pas dans le texte même des *Procès-Verbaux*, mais comme annexes à ces derniers, de façon à pouvoir faire aisément des tirages à part pour leurs auteurs et pour les répandre dans le monde scientifique.

M. HIRSCH ajoute que ce procédé aurait en outre le grand avantage de pouvoir commencer dès à présent l'impression du Volume des *Procès-Verbaux*, sans être obligé d'attendre la remise de la rédaction des Notices, que leurs auteurs ne fourniront que dans quelques semaines. On avancerait ainsi très sensiblement la publication des *Procès-Verbaux*.

M. le PRÉSIDENT aimerait en outre à faire paraître dans ce Volume, également sous forme d'annexe : d'abord, la collection de toutes les décisions scientifiques prises par les Conférences générales et le Comité depuis l'origine de la Convention du Mètre, collection qui, conformément à une ancienne résolution, est élaborée déjà en partie par MM. Benoît et Guillaume.

De plus, il conviendrait d'y joindre une liste de toutes les publications du Comité et du Bureau international parues jusqu'à ce jour, pour que le public scientifique se rende compte des séries des différentes publications, qui ne se suivent pas régulièrement par années.

M. BENOÎT verrait en outre dans une telle mesure l'avantage d'éviter de nombreuses réclamations de la part des Institutions avec lesquelles on fait l'échange et qui demandent des Volumes qu'elles supposent avoir paru.

M. GUILLAUME qui, comme bibliothécaire, est chargé des envois, se permet de faire remarquer qu'il y a des Institutions qui ne reçoivent pas toutes les publications, mais seulement une des deux séries, de sorte qu'il serait peut-être préférable d'insérer dans le Volume des *Procès-Verbaux* la liste de ces derniers et dans le prochain Tome des *Travaux et Mémoires* la liste des Volumes déjà publiés.

M. HÉPITES désirerait même quelque chose de plus complet qu'une simple liste des Volumes; il serait utile d'y ajouter une espèce de Table des matières, qui indiquerait, non seulement les grands Mémoires parus dans les onze Tomes, mais aussi les Notices scientifiques annexées aux *Procès-Verbaux*.

M. le PRÉSIDENT répond à M. Hépites qu'une satisfaction complète sera donnée à son point de vue par le Tableau des publications internationales qu'on a décidé de faire figurer à l'Exposition, et il ajoute que le bureau du Comité s'entendra avec M. Benoît sur la meilleure façon de réaliser le catalogue des publications en tenant compte des différentes opinions émises.

Enfin M. FOERSTER rappelle qu'il a été question d'ajouter à l'Exposition du Comité une collection des lois et des règlements qui existent dans les différents pays au sujet des Poids et Mesures, en exécution de la résolution anté-

rieure prise par le Comité. Comme il s'occupe déjà d'un travail analogue pour l'Allemagne, il serait volontiers disposé à se charger de réunir les éléments d'une pareille collection internationale.

M. le PRÉSIDENT aborde ensuite la question de la Caisse de retraites en faveur du personnel du Bureau. Il commence par rappeler que, le 16 avril 1898, un projet de règlement a été mis en circulation parmi les membres du Comité et a été approuvé par le plus grand nombre d'entre eux.

Voici ce document :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

---

Circulaire aux Membres du Comité.

Paris, le 16 avril 1898.

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Profitant de notre présence à Paris, où nous procédons en ce moment à l'inspection du Bureau international, pour donner suite à la décision prise l'année dernière, concernant le Règlement de la caisse de retraites et du fonds de réserve, nous avons l'honneur de vous soumettre le projet que vous nous avez chargés d'élaborer, conjointement avec M. Benoît.

Nous vous en faisons parvenir deux exemplaires, imprimés de façon que vous puissiez placer en marge les observations et amendements que vous croirez devoir proposer, et nous vous prions de retourner aussitôt que possible, au Secrétaire soussigné, votre exemplaire annoté.

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

*Le Secrétaire,*  
AD. HIRSCH.

*Le Président,*  
W. FOERSTER.

---

## PROJET DE RÈGLEMENT

*concernant l'organisation d'une caisse de retraites en faveur du personnel du Bureau international des Poids et Mesures et l'institution d'un fonds de réserve pour ce Bureau.*

### CAISSE DE RETRAITES.

#### ART. 1.

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

#### ART. 2.

Tout fonctionnaire ou employé du Bureau international des Poids et Mesures aura également droit à une pension de retraite calculée sur les bases fixées dans l'Art. 1, si, après avoir accompli sa soixantième année d'âge et sa trentième année de service dans le Bureau, ou après avoir accompli sa soixante-cinquième année d'âge et au moins sa dixième année de service dans le Bureau, il demande à se retirer, alors même qu'il ne justifierait pas de l'incapacité prévue dans l'Art. 1 pour la cessation de ses fonctions avant les limites d'âge fixées ci-dessus.

#### ART. 3.

En cas de décès d'un des fonctionnaires ou employés du Bureau qui a plus de dix ans de service et laisse une veuve avec ou sans enfants, il sera accordé à la veuve une pension qui sera égale au tiers de celle que le défunt touchait ou à laquelle il aurait eu droit, d'après les Art. 1 et 2, à l'époque de sa mort. Par conséquent cette pension ne devra, dans aucun cas, dépasser la somme de 2000<sup>fr.</sup>; d'autre part, elle ne pourra être inférieure à 500<sup>fr.</sup> Si le défunt ne

laisse pas de veuve, mais un ou plusieurs enfants n'ayant pas encore dépassé la dix-huitième année, il sera versé en mains de leurs tuteurs une allocation annuelle qui sera, pour deux enfants ou plus au-dessous de l'âge indiqué, égale aux trois quarts de la pension annuelle qui aurait été accordée à la veuve, et, pour un seul enfant au-dessous de dix-huit ans, égale à la moitié de ladite pension.

#### ART. 4.

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

1° Une somme de 25 000<sup>fr</sup>, une fois versée, qui formera, avec les intérêts à accumuler, la base de la caisse de ces pensions de retraite ; ce capital ne pourra pas être entamé pour servir aux versements des pensions ;

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

3° Une partie, à fixer par le Comité, des recettes provenant des taxes de vérification, qui suivant l'Art. 13 du Règlement de la Convention du Mètre, doivent être affectées au perfectionnement du matériel scientifique du Service international. Toutefois, la part contributive annuelle de cette source de recettes en faveur de cette caisse de retraites ne doit pas dépasser 1000<sup>fr</sup>.

#### ART. 5.

Sous le contrôle du Comité et sous la surveillance des Conférences générales, le bureau du Comité est chargé de l'administration et du placement, dans les meilleures conditions possibles, du fonds de 25 000<sup>fr</sup> et des sommes accumulées par les intérêts composés, ainsi que par les ressources indiquées dans les nos 2 et 3 de l'Art. 4, avec leurs intérêts composés.

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

ART. 6.

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

FONDS DE RÉSERVE.

ART. 7.

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

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

M. le PRÉSIDENT fait remarquer qu'il convient que le Comité prenne dans cette session des décisions sur certaines dispositions financières du projet, figurant à l'Art. 4. Parmi les ressources qui y sont énumérées, sont cités en premier lieu les intérêts du capital de 25000<sup>fr</sup>, qui ne doit pas être entamé et auquel ces intérêts à 2 pour 100 seront ajoutés à partir du commencement de l'année 1896, qui a suivi son affectation par la Conférence générale, jusqu'au moment où la Caisse entrera en fonctions. A partir de là, les intérêts de ce capital constitueront la première ressource affectée au service de l'Institution.

Quant à la deuxième ressource, concernant les contributions annuelles des fonctionnaires ou employés, M. Foerster considère comme évident qu'on ne peut pas la rendre effective, c'est-à-dire demander aux fonctionnaires

des versements, avant le fonctionnement définitif de la Caisse.

Pour la troisième ressource, comprenant une partie, à déterminer par le Comité, des recettes provenant des taxes de vérification, M. Foerster propose de la faire commencer également en 1896 et de la fixer à 30 pour 100 du total des taxes perçues. Comme le total de ces perceptions pendant les trois dernières années est de 3743<sup>fr</sup>, les 30 pour 100, c'est-à-dire 1123<sup>fr</sup>, seraient dès maintenant acquis à la Caisse, et comme la moyenne annuelle probable des taxes est de 1248<sup>fr</sup> environ, on pourrait s'attendre comme ressource annuelle de ce côté à 375<sup>fr</sup>.

La discussion étant ouverte sur ce sujet, M. HÉPITES fait remarquer que la Caisse des Dépôts et Consignations ne payant que 2 pour 100, il serait peut-être indiqué de placer le capital plus fructueusement sans compromettre sa sécurité.

M. le PRÉSIDENT répond qu'en tout cas on ne pourrait procéder ainsi qu'après la fondation définitive de la Caisse.

Après un échange de vues sur le meilleur moyen de soumettre le projet et les décisions qui vont intervenir dans cette séance à la ratification des Hauts Gouvernements, il est entendu, selon une proposition de M. DE MACEDO, que le programme de la Conférence générale de 1901 comprendra la ratification du projet de Caisse de retraites, et que, dans la circulaire de convocation, on priera les Gouvernements de munir leurs Délégués des instructions nécessaires à ce sujet.

M. le PRÉSIDENT met aux voix le projet de Règlement, avec les propositions qu'il a soumises à propos de l'Art. 4; *le tout est adopté à l'unanimité.*

L'ordre du jour ne comprenant plus que des motions éventuelles, M. le PRÉSIDENT demande s'il y a encore des communications à présenter.

M. BENOÎT ayant demandé la parole communique au Comité dans les termes suivants le résultat des plus satisfaisants qu'a fournis la revision des deux premiers Kilogrammes présentés :

Dans sa troisième séance, du 21 avril 1899, le Comité a décidé que les kilogrammes nationaux envoyés à Breteuil pour la vérification seraient comparés aux deux kilogrammes prototypes du Bureau n° 9 et n° 31. On admettra provisoirement, pour ceux-ci, leur invariabilité depuis leur détermination primitive, c'est-à-dire qu'on conservera leurs équations telles qu'elles ont été établies et données à la Conférence générale de 1889, jusqu'au moment où un nouveau travail plus étendu aura permis de les vérifier d'une manière plus complète. Si la nouvelle valeur d'un kilogramme national, établie par les nouvelles comparaisons, avec ce point de départ, ne présente pas, par rapport à l'ancienne valeur, un écart supérieur à  $0^{\text{mg}},05$ , on en conclura qu'il n'y a pas de raison d'admettre que ce kilogramme ait subi aucun changement, et il pourra être immédiatement rendu à son propriétaire. Dans le cas contraire, le kilogramme devrait faire l'objet d'une nouvelle étude complète.

Les kilogrammes prototypes appartenant à la Suède (n° 40) et à la Norvège (n° 36) ont été apportés à Breteuil par MM. Thalén et Arndtsen, en décembre 1898. Ils ont été comparés aux Kilogrammes prototypes du Bureau n° 9 et n° 31. On a, en outre, fermé la série en comparant ces deux kilogrammes entre eux et aussi les deux prototypes du Bureau. Les écarts des nouvelles valeurs déduites de ces comparaisons, tous calculs faits, par rapport aux anciennes, sont :

Pour le Kilogramme n° 40 .....	+ $0^{\text{mg}},007$
» n° 36 .....	+ $0^{\text{mg}},013$

Ces deux Kilogrammes rentrent donc dans les conditions indiquées (1).

---

(1) Ils ont été rendus à MM. Thalén et Arndtsen, le 1<sup>er</sup> mai 1899.

M. GUILLAUME, sur l'invitation de M. le PRÉSIDENT, entretient ensuite le Comité de la question de l'unification des pas de vis, si importante pour les progrès des industries mécaniques.

M. GUILLAUME rappelle, à ce propos, que diverses tentatives ont été faites pour unifier les pas de vis. Dans les pays anglo-saxons les industriels se sont ralliés aux pas Whitworth et aux pas Sellers, dérivés du pouce anglais. Les premiers pas métriques ont été proposés par la Société des Arts de Genève, à la suite des études de M. Thury. Plus tard, l'Association des mécaniciens allemands poursuit l'unification dans des diamètres supérieurs à ceux qu'avait prévus M. Thury. Enfin, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, de Paris, proposa un nouveau système, dit *Système français*, qui fut immédiatement adopté par les grandes Compagnies de chemins de fer de la France et par plusieurs Compagnies d'autres pays. C'est ce système qui, avec quelques modifications de détail demandées par l'Association des mécaniciens allemands, fut sanctionné par le Congrès international de Zurich.

Comme, d'après l'Art. 7 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, l'Institution internationale a pour mission de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour la propagation et le perfectionnement du Système métrique, elle ne saurait se désintéresser de l'unification des pas de vis basée sur les unités métriques. Le Bureau s'est déjà préoccupé de cette question et M. le Directeur a même étudié les moyens par lesquels le Bureau pourrait concourir à ce grand progrès, qui attacherait de plus en plus le monde technique de tous les pays à la propagation du Système métrique.

M. MICHELSON estime que, la session touchant à sa fin, on n'a pas suffisamment de temps pour discuter complètement une aussi grave question, qui pourrait être examinée à fond lors de la prochaine réunion du Comité. Il constate qu'aux États-Unis cette question du pas de vis constitue

une grande difficulté; il est persuadé que, si l'on pouvait arriver à établir des pas de vis uniformes, on rendrait un grand service aux industries mécaniques et à la propagation du Système métrique.

M. HIRSCH reconnaît parfaitement la grande importance du sujet soulevé; cependant il pense, avec M. Michelson, qu'il convient de l'étudier avec soin et beaucoup de circonspection; car il ne faut pas oublier que des changements de système à opérer dans ce domaine exigeront de gros sacrifices des industriels. En tout cas, il ne saurait être question pour le Comité de discuter les différents systèmes de pas de vis, ni pour le Bureau d'établir des types, mais uniquement de vérifier les pas et les diamètres d'une série de types de premier ordre. M. Hirsch conclut qu'il serait utile de comprendre l'étude de cette question dans le programme des Travaux du Bureau, pour que le Comité puisse, dans la session prochaine, délibérer sur les propositions à soumettre à la Conférence générale de 1901.

Cette proposition, appuyée par M. le Président et M. le Directeur du Bureau, est mise aux voix et *adoptée à l'unanimité.*

M. le PRÉSIDENT fait part au Comité que l'attention du bureau a été attirée dernièrement sur l'opportunité de reprendre avec le Brésil, au sujet de son adhésion à la Convention du Mètre, les anciennes négociations qui étaient près d'aboutir lorsque des événements politiques, survenus dans le pays, les ont interrompues. Le bureau demande donc au Comité de l'autoriser à s'adresser au Représentant diplomatique du Brésil à Paris. Quant à la question des contributions et des prototypes à fournir, on procéderait sur les bases adoptées pour la Grèce.

Le Comité *donne cette autorisation.*

M. le PRÉSIDENT ouvre la discussion sur l'époque de la

prochaine session du Comité. Pour sa part il considère qu'il serait utile, sinon nécessaire, de réunir le Comité l'année prochaine; d'abord pour préparer le programme de la Conférence générale de 1901, ensuite en raison de sa participation à l'Exposition, enfin parce que l'année 1900 sera le vingt-cinquième anniversaire de l'existence du Comité et du Bureau international, et qu'il serait indiqué de célébrer ce quart de siècle de féconde activité.

M. HIRSCH, sans être positivement opposé à une réunion l'année prochaine, fait cependant observer que les nombreux travaux que le Comité vient d'inscrire au programme du Bureau, en vue d'un exercice de deux ans, ne seront pas encore suffisamment avancés en 1900 pour qu'on puisse en rendre compte complètement au Comité. Quant à la participation à l'Exposition, le Comité ne pourrait qu'en constater le succès, mais non pas la préparer, puisque l'Exposition universelle ouvrira le 1<sup>er</sup> mai et que la réunion éventuelle ne pourrait être fixée qu'en automne, attendu que plusieurs Membres du Comité font partie de l'Association géodésique internationale qui, probablement, sera réunie en Conférence générale pour cette époque.

Enfin, comme la Conférence générale des Poids et Mesures doit se réunir, d'après la Convention, en 1901, le Comité devra nécessairement tenir une session préparatoire quelques jours auparavant, de sorte qu'il y aurait trois sessions annuelles consécutives, tandis qu'en général les sessions n'ont plus lieu que tous les deux ans. M. Hirsch demande donc qu'on remette au bureau le soin de proposer au printemps prochain, par circulaire, au Comité la résolution de se réunir ou de ne pas se réunir en 1900, suivant les circonstances qui se seront produites et l'avancement des travaux du Bureau.

M. DE MACEDO approuve la manière de voir de M. Hirsch quant au renvoi de la décision définitive au printemps pro-

chain par correspondance; mais, d'autre part, il approuve l'idée de M. Foerster de réunir le Comité l'année prochaine, afin d'établir le programme de la Conférence générale de 1901, assez tôt pour que les Gouvernements puissent donner à leurs Délégués les instructions nécessaires sur plusieurs questions d'une grande importance.

M. FOERSTER insiste sur le point que, dans une réunion du Comité en 1900, on pourrait déjà constater les résultats définitifs et numériques de plusieurs anciennes et importantes recherches, entre autres la détermination du litre.

M. HIRSCH, pour guider le bureau dans les propositions qu'il aura à faire à ce sujet au printemps prochain, et surtout sur l'époque qui satisferait les convenances de la majorité des Membres, aimerait qu'on procédât à une consultation par appel nominal.

Cette consultation, à laquelle M. le Président fait procéder, a pour résultat que l'unanimité approuve en principe la réunion du Comité en 1900, et que la grande majorité préfère l'automne pour l'époque de cette session.

M. le PRÉSIDENT, avant de clore la session, croit être l'interprète des sentiments unanimes du Comité en exprimant ses remerciements les plus sincères à M. le Directeur Benoit et aux adjoints MM. Chappuis et Guillaume, pour l'activité infatigable et l'esprit scientifique avec lesquels ils ont continué à se vouer aux travaux du Bureau international des Poids et Mesures.

M. le DIRECTEUR remercie en son nom et au nom de ses collègues le Comité de ces bonnes paroles, qui leur sont un encouragement à continuer dans cette voie.

M. le PRÉSIDENT déclare close la session de 1899 et lève la séance à 5<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>.

---

Pour approbation des Procès-Verbaux,  
Au nom du Comité :

*Le Secrétaire,*

*Le Président,*

Signé : D<sup>r</sup> AD. HIRSCH.

Signé : D<sup>r</sup> W. FOERSTER.



# ANNEXES

AUX

PROCÈS-VERBAUX DE 1899.



---

ANNEXE I.

---

DÉTERMINATION

DE LA

MASSE DU DÉCIMÈTRE CUBE D'EAU.

---

RAPPORT PRÉLIMINAIRE

PRÉSENTÉ AU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

dans la séance du 18 avril 1899,

PAR M. LE D<sup>r</sup> CH.-ÉD. GUILLAUME.

---

**Méthode de mesure ; gravimètres.**

Les procédés mis en œuvre dans cette nouvelle détermination de la masse du décimètre cube d'eau ne diffèrent pas essentiellement de ceux qui ont été généralement appliqués jusqu'ici dans le même but. Un corps, de forme régulière, est saisi entre deux palpeurs, dont la position est rapportée à celle de deux traits de repère situés à une certaine distance de leurs extrémités ; les palpeurs sont ensuite amenés au contact, et la distance des traits de repère est mesurée de nouveau. La différence entre les deux résultats est l'épaisseur du corps étudié.

Des mesures faites ainsi en un grand nombre de points permettent d'exprimer le volume du corps en fonction du décimètre cube. Des pesées hydrostatiques donnent ensuite la valeur de la poussée de l'eau, c'est-à-dire la masse du volume d'eau déplacé. Le quotient de cette grandeur par la première, réduit à la température du maximum de densité de l'eau, est le résultat cherché.

La précision du résultat dépend entièrement de celle des mesures linéaires; c'est sur ces dernières, en effet, que porte toute la difficulté de la détermination, comme il est facile de s'en convaincre par un exemple. Supposons que le corps à mesurer soit un cube de 1<sup>dm</sup> de côté; si l'on commet, dans sa mesure, une erreur de 1  $\mu$  dans les trois directions, l'erreur sur le volume sera de 30<sup>mm<sup>3</sup></sup>; or on sait qu'il est très facile, dans les pesées dans l'air ou dans l'eau d'un corps de ces dimensions, d'atteindre une précision de 1<sup>mg</sup> ou 2<sup>mg</sup>, tandis que, pour réduire sûrement, dans l'emploi des palpeurs, l'erreur systématique des mesures linéaires au-dessous de 1  $\mu$ , il est nécessaire d'employer, dans le réglage des appareils, et dans toutes les mesures, les soins les plus minutieux.

Le même exemple nous montre qu'il est désirable d'effectuer les mesures sur des corps dont les dimensions dépassent 1<sup>dm</sup> dans tous les sens; toutefois, on est bientôt arrêté par la difficulté de donner à ces corps une régularité suffisante, d'éviter les déformations sous leur propre poids, de les peser commodément, et de les manipuler avec sécurité. Nous (1) n'avons pas eu, d'ailleurs, à chercher quelle pouvait être la dimension la plus favorable à donner aux corps dont il a été fait usage. La nécessité d'opérer à l'aide du comparateur universel, sans le modifier d'une façon trop importante, et d'employer la plus forte balance du Bureau (balance Rueprecht de 5<sup>kg</sup>) limitait la dimension des corps un peu au-dessous de la valeur qui semble être la plus favorable à l'exactitude du résultat final.

On peut hésiter, *a priori*, entre trois formes régulières : le cube, la sphère et le cylindre.

Les difficultés de construction du cube, et la nécessité de le déplacer d'avant en arrière sur des coulisses parfaitement rectifiées, pour atteindre successivement tous les points des deux faces opposées, nous ont engagés à laisser cette forme de côté. Les mesures sur la sphère sont plus faciles, mais l'outillage de notre atelier ne se prêtant pas à ce genre de travail, nous avons dû y renoncer aussi. Le cylindre restait seul, et la discussion se limitait dès lors aux dimensions et à la matière des gravimètres; ces deux questions sont jusqu'à un certain point connexes, la nécessité de construire

---

(1) Les études préliminaires relatives à ce travail ont été faites en commun avec M. le Directeur et M. Chappuis. Lorsque je fus chargé de poursuivre seul ce travail, la construction des cylindres était déjà très avancée.

des corps de grandes dimensions sans dépasser certaines limites de poids obligeant à avoir recours à des corps creux.

Dans le procédé des palpeurs, la précision *apparente* des mesures peut être amenée, dans des conditions favorables, à être presque égale à celle des comparaisons des longueurs à traits; mais les erreurs constantes sont toujours à craindre, et le meilleur moyen de les éliminer consiste à opérer sur des cylindres de dimensions très différentes et de déduire, au besoin, le résultat final de leurs différences plutôt que de leurs dimensions absolues.

Notre première idée était de faire fondre des cylindres creux en bronze, pourvus seulement des événements nécessaires pour maintenir le noyau et le retirer; mais, sur un grand nombre de cylindres fournis par la fonderie, un seul put être utilisé, les autres ayant des piqûres trop marquées. Nous pûmes nous servir aussi d'un cylindre de bronze blanc, primitivement destiné à un étalon secondaire de 2<sup>ks</sup> et que l'on avait amené au-dessous de cette valeur pour le débarrasser de quelques piqûres. Pour les autres, nous rapportâmes des fonds à des cylindres de laiton dont un était fondu, les autres étirés. Voici la désignation sommaire de ces cylindres :

N <sup>os</sup> .	Hauteur.	Diamètre.
1. Laiton étiré.....	129,5 <sup>mm</sup>	144,7 <sup>mm</sup>
2. Laiton martelé.....	116,3	120,5
3. Bronze.....	119,4	100,0
4. Laiton étiré.....	100,4	97,9
5. Id. ....	85,3	83,2
6. Bronze blanc.....	65,2	64,6

Ces cylindres formaient, comme on voit, une série régulière; mais le n° 5 ayant révélé, aux mesures, des divergences de 10<sup>μ</sup> dans les diamètres d'une même section droite, dut être abandonné; il n'en sera plus question dans la suite, et je ne l'ai mentionné que pour expliquer la lacune existant entre les cylindres n° 4 et n° 6.

Les cylindres, une fois obtenus, furent tournés sur un tour de précision, entre deux goujons venus de fonte ou rapportés au centre des faces, et qui furent enlevés ultérieurement. La surface latérale fut rodée dans des bagues, et les faces terminales travaillées au tour d'optique. Les mesures ont montré que l'on obtenait facilement ainsi des corps de révolution parfaits avec une courbe méridienne s'éloignant, il est vrai, sensiblement d'une droite, mais assez régu-

lière, cependant, pour que l'on puisse déterminer tous les diamètres par interpolation.

Tout le travail de construction des cylindres a été exécuté par M. Huetz.

#### **Description des appareils.**

L'appareil dont je me suis servi pour les mesures d'épaisseurs a été construit, d'après mes plans, dans les ateliers de MM. Bariquand et Marre, à Paris. Il se compose essentiellement d'un banc de bronze, muni d'une forte nervure, et supportant, à droite et à gauche, deux coulisses destinées à recevoir les palpeurs. La partie centrale, en contre-bas des coulisses, est percée d'une ouverture circulaire occupée par un écrou que traverse une forte vis verticale faisant corps avec un plateau. C'est sur ce plateau, dont on peut régler la hauteur à l'aide de la vis, que l'on place les plates-formes destinées à supporter les cylindres.

L'une de ces plates-formes porte, en son centre, un axe vertical, venu de fonte, sur lequel tourne un disque divisé que l'on peut actionner au moyen d'une vis tangente. Un évidement du disque sert de logement à une série de supports dont chacun est adapté à l'un des cylindres. Ces derniers entrent librement dans les supports et peuvent être centrés exactement au moyen de trois vis. La plate-forme repose sur trois vis calantes; sa position d'avant en arrière est déterminée par une vis à tête divisée, qui pénètre dans la plate-forme, et dont le collet est porté par le plateau inférieur. La vis tangente peut être gouvernée à la main ou au moyen d'une roue d'angle engrenant avec une autre roue qu'une tringle verticale permet de commander de l'extérieur du comparateur.

L'autre plate-forme se compose de deux plateaux rectangulaires pouvant tourner l'un sur l'autre. Le premier repose sur trois vis calantes, et sa position d'avant en arrière est aussi assurée par une vis. Le second porte deux séries de paliers en regard, destinés à supporter les axes de deux rouleaux de bronze sur lesquels on place les cylindres à mesurer.

Les rouleaux peuvent, comme le disque de la première plate-forme, être gouvernés par un engrenage que l'on commande de l'extérieur. Ils entraînent, dans leur mouvement de rotation, le cylindre qu'ils supportent, et permettent d'amener successivement, entre les palpeurs, tous les points d'une circonférence centrée sur l'axe du cylindre.

Dans les deux cas, la vis de support permet de placer le cylindre à une hauteur quelconque; la vis horizontale assure un mouvement micrométrique de l'axe d'avant en arrière; le disque de la première plate-forme entraîne le cylindre dans son mouvement de rotation, de façon que tous les diamètres d'une même section droite se présentent entre les palpeurs; enfin l'indépendance des plateaux composant la deuxième plate-forme permet une rotation de l'axe du cylindre autour d'un axe vertical, de manière que ses faces terminales viennent se placer perpendiculairement à la ligne des palpeurs. Ce mouvement est réglé par une vis.

Chacun des palpeurs est constitué par une réglette de nickel pur étiré, de 20<sup>mm</sup> au carré et de 500<sup>mm</sup> de longueur. Une rainure pratiquée à la partie supérieure met à découvert le plan médian dans la partie moyenne des réglettes, qui sont terminées par deux cylindres de 15<sup>mm</sup> de diamètre. Les extrémités des réglettes ont été travaillées par rodage en forme de calottes sphériques.

Les palpeurs reposent sur trois saillies : deux d'un côté appuyant dans les coulisses sur deux plans à angle droit, l'autre sur la face opposée et au milieu de l'intervalle des premières, reposant sur un plan oblique. La saillie centrale porte une cheville servant de point d'attache à une cordelette sur laquelle agit le poids de 170<sup>g</sup>, qui assure le contact de la réglette contre la pièce à mesurer. Toutefois, ces poids, que l'on n'a pas cru devoir augmenter pour ne pas produire des écrasements trop considérables; n'entraînent les palpeurs avec sécurité que lorsque les frottements sont réduits à l'aide de deux galets portés, au fond des coulisses; par des ressorts que l'on tend à volonté, en agissant sur deux vis contre lesquelles ils s'appuient.

### Réglages.

Dans la mesure de la constante des palpeurs, il suffit de s'assurer que ces derniers reposent parfaitement dans les coulisses et que l'un d'eux est bien entraîné par le poids. Il est préférable de détendre complètement les ressorts de l'autre côté pour que le palpeur non entraîné offre au premier un obstacle résistant. Le réglage de la position des palpeurs doit être fait aussi bien que possible, une fois pour toutes, dans la construction des coulisses et l'ajustage des saillies portées par les réglettes.

Les cylindres qui les terminent étant parfaitement tournés, la seule vérification qu'il convienne de faire consiste à s'assurer que

les deux cylindres en regard sont exactement dans le prolongement l'un de l'autre, ce qui, au degré de précision exigé par ces mesures, ne présente pas de grosses difficultés.

J'ai déterminé, pour l'un des palpeurs, la position du centre de la sphère terminale, en replaçant la réglette dans le boulet et celui-ci dans le bassin qui avaient servi au rodage, et en cherchant la position du point qui restait en place dans tous les mouvements du boulet. J'ai trouvé ainsi que ce point était très près du plan de la division et au voisinage immédiat des traits longitudinaux, à la distance de  $230^{\text{mm}}$  de l'extrémité.

Il est avantageux de choisir comme repère un trait situé aussi près que possible du centre de courbure de la calotte, afin de réduire au minimum les erreurs dues aux imperfections du réglage. Mais il est facile de voir que la tolérance est très grande dans le plan horizontal; les traits de repère ont donc été pris un peu en dehors des centres, à  $250^{\text{mm}}$  des calottes, de manière à amener la constante des palpeurs à  $500^{\text{mm}}$ .

Le réglage le plus laborieux consiste dans la rectification des coulisses. J'ai d'abord déterminé les écarts présentés par leur direction générale par rapport à une ligne droite, en observant le mouvement d'un index porté par une réglette que l'on faisait mouvoir dans les coulisses et qui se déplaçait en regard d'un fil de cocon fortement tendu. Les retouches indiquées par cette étude ont alors été faites, et des vérifications successives ont indiqué les progrès du travail, que l'on a poursuivi jusqu'à ce que les défauts fussent descendus au-dessous des limites imposées par la méthode.

Il convenait aussi, avant toute mesure définitive, de s'assurer de la perfection de forme des cylindres. J'ai vérifié d'abord que les faces terminales avaient une direction assez voisine de la perpendiculaire aux génératrices pour que, le réglage de la direction étant fait pour un point, on pût faire tourner le cylindre sur ses rouleaux sans que l'obliquité d'aucun point des faces occasionnât une erreur appréciable dans les mesures. Les rouleaux eux-mêmes avaient été vérifiés, et les paliers, aussi bien que les axes, avaient été rodés jusqu'à ce qu'un niveau, reposant à la fois sur les deux rouleaux, n'indiquât pas de variation sensible lorsqu'on faisait tourner l'un d'eux sur son support.

#### Mesures.

Les mesures ont été faites au comparateur universel, par com-

paraison des longueurs à déterminer avec des intervalles convenablement choisis sur la règle normale en bronze, dont l'étude complète avait été faite autrefois par M. Benoit.

Chaque épaisseur choisie sur un cylindre était déterminée par une série de comparaisons analogues à celles des étalons entre eux. On s'est assuré de la précision des mesures en déterminant, au début, chaque diamètre dans les deux positions inverses qu'il pouvait occuper entre les palpeurs. Mais la concordance remarquable observée dans les opérations faites ainsi en double a montré que cette répétition des mesures était sans grande utilité et qu'il était préférable de consacrer le même temps à des vérifications en un plus grand nombre de points. Cependant, pour tous ces cylindres, les diamètres ont été mesurés en double près des extrémités, en raison des petites irrégularités produites par une bavure appréciable dans plusieurs cylindres. Dans chaque section droite, on a mesuré au minimum quatre diamètres à  $45^{\circ}$  les uns des autres.

Avant les mesures des diamètres, il était essentiel de régler la position du cylindre, de manière que son axe fût bien vertical et aussi près que possible de la droite joignant les centres des sphères. Le premier réglage pouvait être obtenu soit au moyen d'un niveau, soit par l'observation de l'égalité de hauteur des points de contact. Pour le second, on déplaçait le cylindre d'avant en arrière, de quantités mesurées par la vis micrométrique commandant le plateau mobile, et l'on déterminait des cordes égales de part et d'autre du diamètre, dont il était dès lors facile de fixer la position.

Dans la mesure des hauteurs, l'horizontalité de l'axe pouvait être obtenue encore par un niveau ou par la position des contacts, et sa direction dans le sens horizontal était déterminée par la mesure d'obliques égales dans diverses positions relatives des deux plateaux.

Lorsque le réglage était obtenu, dans une mesure comme dans l'autre, on pouvait faire exécuter au cylindre un tour entier sans avoir à le modifier. On pouvait ainsi faire des mesures successives sans ouvrir le comparateur, en produisant les rotations à l'aide de l'engrenage précédemment décrit.

La mesure des diamètres a été faite en des sections droites successives distantes de  $10^{\text{mm}}$  au maximum, et partant des deux extrémités. Les sections de l'un des systèmes croisaient celles de l'autre dans toute la partie moyenne; c'est seulement près des extrémités qu'elles appartenaient toutes au même système.

Les hauteurs ont été mesurées aussi le long de circonférences concentriques sur chacune desquelles on prenait en général huit points différents. Dans les deux positions des cylindres, on a fait des mesures près du bord et au centre, et, pour le reste des bases, sur des circonférences croisées.

Le repérage était obtenu à partir d'un ou de deux traits très fins et de quelques millimètres de longueur, tracés au diamant près du bord de l'une ou des deux faces du cylindre.

La constante des palpeurs a été mesurée après chaque détermination relative à un cylindre, et rapportée à des intervalles différents de la règle normale, choisis, autant que possible, de manière que l'un des traits ayant servi pour le cylindre délimitât la nouvelle longueur de comparaison.

Les tares des micromètres ont été déterminées très fréquemment. Il était essentiel de les connaître avec une grande exactitude, les intervalles à mesurer par les microscopes étant souvent assez étendus.

Pour terminer, j'ai mesuré de nouveau la position de tous les traits de la règle normale employés dans ces mesures. L'étalonnage complet des décimètres a été suivi de comparaisons des intervalles complémentaires avec divers intervalles pris sur une réglette décimétrique étudiée à la même époque par M. Benoît. Les résultats de cette nouvelle étude ont montré, par rapport aux anciens, une concordance meilleure que celle que l'on aurait pu espérer, étant donnée la médiocre qualité des traits de la règle normale, les nombreux usages auxquels elle a servi, et les nettoyages fréquents qu'elle a dû subir depuis sa première étude. Cependant l'application des nouvelles corrections a donné une concordance des mesures sensiblement meilleure que celle des anciennes.

#### Pesées.

Je n'ai que peu de chose à dire des pesées, qui, au degré de précision qu'il est impossible de dépasser pour les mesures de longueur, ne présentent pas de sérieuses difficultés.

Les dimensions et le poids considérables de plusieurs des cylindres ont obligé à employer, pour les transpositions, même dans l'air, le système adopté pour les pesées hydrostatiques. Le cylindre, couché sur des sangles fixées à un étrier, est suspendu au-dessous du plateau de la balance; celle-ci est d'abord équilibrée, puis le cylindre

est soulevé sur d'autres sangles gouvernées par des vis à mouvement synchrone, et remplacé sur la balance par des poids.

Pour les pesées dans l'eau, je me suis servi d'un artifice indiqué par M. Kohlrausch, et qui avait été employé souvent au Bureau. Cet artifice consiste à suspendre l'étrier à un fil de platine platiné; de cette façon, le ménisque se forme régulièrement, et l'amortissement est réduit dans une énorme proportion.

J'ai commencé par faire, pour chaque cylindre, six pesées dans l'air, puis six pesées dans l'eau, puis six nouvelles pesées dans une deuxième eau évacuée comme la première; enfin, six pesées dans l'air. Au début, chaque cylindre restait immergé dans l'eau, tandis que l'on faisait le vide; mais l'un d'eux, le n° 2, ayant montré une augmentation sensible après la première de ces opérations, il a semblé préférable d'évacuer l'eau aussi complètement que possible, puis d'y plonger le cylindre et d'attendre que les bulles entraînées fussent résorbées, ce qui a lieu très rapidement. Pour ce cylindre, on a fait, en outre, des pesées dans l'air entre les deux séries de pesées hydrostatiques.

Le cylindre n° 6 ayant perdu un peu plus d'un millimètre cube de matière dans l'eau chaude, la poussée a dû être corrigée de cette quantité. Dans la suite, les cylindres ont toujours été mis dans l'eau froide.

#### Résultats.

Il eût été désirable d'effectuer, pour chaque cylindre, les mesures et les pesées à des températures très voisines, de manière à éviter les incertitudes des dilatations. De plus, il est toujours avantageux d'effectuer les pesées près du maximum de la poussée, c'est-à-dire, pour des cylindres en laiton, au voisinage de 8°. Les variations de poussée deviennent, en effet, très considérables lorsqu'on s'éloigne sensiblement de cette température. Ainsi, entre 16° et 17°, le plus gros des cylindres éprouve une variation de poussée de 242<sup>ms</sup>, et la détermination exacte de la masse de l'eau déplacée oblige à faire une mesure très précise de la température.

Les deux conditions qui viennent d'être énoncées ont été sensiblement remplies pour les cylindres n° 1, n° 3 et n° 6. Pour les cylindres n° 2 et n° 4, on a rempli d'abord la seconde, puis on a répété les pesées au voisinage de la température des mesures, qui était d'environ 15°, afin d'éviter autant que possible les erreurs dues aux dilatations.

Afin de satisfaire à la fois aux deux conditions indiquées, il est nécessaire d'opérer, pour les mesures de longueur comme pour les pesées, dans les mois d'hiver seulement. Mais la grande quantité des travaux à effectuer n'a pas permis de se limiter à ces périodes. D'ailleurs les pesées faites en double, comme il vient d'être dit, rendent les erreurs de la poussée négligeables vis-à-vis des erreurs des mesures de volume.

La longueur de la préparation des pesées et la nécessité de répéter cette opération n'ont pas permis de déterminer la poussée aussitôt après que l'eau avait été exposée à l'air. C'est donc à de l'eau partiellement aérée que se rapportent les nombres trouvés directement. Leur réduction à l'eau purgée d'air est incertaine; mais comme la densité de l'eau, dans les conditions extrêmes, ne diffère que de 2 à 3 millièmes, on est sûr, étant donnée la rapidité avec laquelle les premières traces d'air se dissolvent, de ne pas commettre d'erreur supérieure à 1<sup>mg</sup> par litre, en corrigeant la poussée de 2<sup>mg</sup>, pour de l'eau exposée à l'air en moyenne pendant plus d'une journée.

Les résultats de tout le travail peuvent maintenant être rassemblés dans le Tableau suivant, où chaque groupe de mesures a été ramené à une température voisine de celles des deux genres d'opérations (1).

Cylindres. N <sup>os</sup>	Volumes		Poussées,	Masse du décimètre cube d'eau à 4°.
	à	mm <sup>3</sup>		
1	8,5	2 130 818,9	2 130 339,7	0,999 930
2	15,0	1 279 550,9	1 278 324,3	0,999 913
3	8,0	938 686,0	938 507,6	0,999 934
4	15,0	775 329,5	774 609,0	0,999 942
6	9,0	213 819,5	213 765,7	0,999 939

On remarque tout d'abord, à l'inspection des résultats, la bonne concordance des nombres fournis par les cylindres n<sup>os</sup> 1, 3, 4 et 6, et l'écart que présentent les résultats déduits du cylindre n<sup>o</sup> 2. Or, comme il a été dit, les pesées de ce cylindre avaient marché d'une manière peu satisfaisante. La première immersion dans l'eau avait produit une augmentation de 28<sup>mg</sup>, indiquant l'existence de fissures,

(1) La réduction à 4° a été faite à l'aide de la Table des dilatations de l'eau déduite des mesures de M. Chappuis (voir *Procès-verbaux de 1892*, p. 147).

probablement à l'endroit des soudures. Les pesées ultérieures, faites sans que le cylindre eût été mis dans le vide, ont donné une meilleure concordance; cependant, on a toujours observé une augmentation de poids dans une même série de pesées dans l'eau et une diminution au cours des pesées intermédiaires dans l'air. Ainsi, dans les opérations définitives, les six pesées successives dans l'eau ont accusé une augmentation progressive de 7<sup>ms</sup>.

Dans ces conditions, la moyenne offre bien peu de garanties, et la combinaison deux à deux des premiers résultats trouvés immédiatement après le changement des conditions, qui donnerait déjà un résultat sensiblement plus élevé (<sup>1</sup>), resterait évidemment entachée d'une erreur de même sens que celle qui affecte les moyennes, et qui a pour effet d'abaisser le résultat définitif. Celui-ci devrait être augmenté notablement, mais d'une quantité qu'il est pour ainsi dire impossible d'estimer, et ce qu'il y a de mieux à faire est de n'en pas tenir compte. Il est cependant intéressant de constater que le résultat corrigé, déduit des mesures faites sur ce cylindre, serait certainement très voisin des quatre autres.

Les autres nombres ne sont pas tout à fait définitifs; en plus de la petite correction positive de poussée qu'ils devront subir, et peut-être aussi d'une correction de volume pour la compression dans l'eau, dont la valeur sera déterminée par des expériences ultérieures, il reste à appliquer à la valeur des volumes une correction positive pour tenir compte de la différence des écrasements dans les mesures faites sur les cylindres et dans la détermination de la constante des palpeurs. Cette correction sera de sens inverse des précédentes et leur sera probablement un peu supérieure, notamment pour les petits cylindres. Il est donc probable que le résultat définitif devra être un peu diminué, mais seulement de quelques unités du sixième ordre décimal.

Il reste maintenant à rassembler les quatre résultats partiels de manière à en déduire la valeur la plus probable de la masse spécifique de l'eau.

Le mode de combinaison des résultats devra évidemment différer

---

(<sup>1</sup>) Si l'on combine, par exemple, les premiers résultats des derniers groupes de pesées dans l'eau et dans l'air, on trouve 0,999 918; or la première pesée dans l'eau fut exécutée six heures après l'immersion. Dans les quinze heures qui suivirent, le cylindre gagna 7<sup>ms</sup>.

suivant que les erreurs seront considérées comme fortuites ou comme constantes. L'avantage d'opérer sur des cylindres de dimensions très différentes était, comme il a été dit au début, d'obtenir un contrôle des erreurs constantes. Si l'on suppose que les mesures de longueur sont entachées de la même erreur, celles des pesées étant supposées nulles, le résultat final sera d'autant plus erroné qu'il aura été trouvé à l'aide d'un cylindre plus petit.

Désignons par  $\varepsilon$  les erreurs des mesures de longueur ; le quotient

$$Q = \frac{M}{V}$$

de la masse de l'eau déplacée par le volume du cylindre sera erroné de

$$\varepsilon \left( \frac{2}{d} + \frac{1}{h} \right) = \varepsilon A,$$

$d$  et  $h$  désignant le diamètre et la hauteur du cylindre.

Le poids à donner à chacun des résultats individuels devra être inversement proportionnel à la valeur de  $A$  pour le cylindre correspondant, si  $\varepsilon$  est considéré comme une erreur fortuite. Mais si, au contraire,  $\varepsilon$  est considéré comme une erreur constante, on pourra déduire des expériences une valeur rectifiée du résultat.

Désignons par  $V'$  le volume vrai du cylindre considéré. Le quotient  $Q$  s'écrira

$$Q = \frac{M}{V'(1 + \varepsilon A)}.$$

Deux cylindres différents donneront, à une quantité du second ordre près,

$$Q_1 = \frac{M_1}{V_1}(1 - \varepsilon A_1), \quad Q_2 = \frac{M_2}{V_2}(1 - \varepsilon A_2).$$

Le quotient cherché étant supposé exact lorsqu'on substitue les  $V'$  aux  $V$ , on aura

$$Q' = \frac{M_1}{V'_1} = \frac{M_2}{V'_2},$$

d'où

$$Q' = \frac{Q_1 A_2 - Q_2 A_1}{A_2 - A_1}.$$

Bien qu'en moyenne les résultats aillent en augmentant lorsque les dimensions des cylindres diminuent, il ne semble pas que l'on

doive en conclure avec certitude à une erreur constante. Il suffirait, en effet, pour ramener le résultat trouvé avec le plus petit cylindre à celui qui a été obtenu avec le plus gros, de corriger les premières mesures de moins de  $0^{\mu},2$ , quantité qu'il est absolument impossible de garantir. Le procédé d'élimination de l'erreur constante hypothétique par les différences revient, comme il est aisé de le voir, à une extrapolation, opération toujours très délicate, et il conviendrait de ne l'appliquer qu'aux nombres définitifs.

Si l'on considère les erreurs comme fortuites, on devra donner aux divers résultats des poids proportionnels à la suite des nombres 46, 35, 32 et 22. On trouvera ainsi :

*Masse spécifique de l'eau à 4° ... 0,999936.*

Il reste maintenant à discuter le sens des erreurs qu'on a pu commettre, et l'interprétation qu'il convient de donner de ce résultat.

Dans la mesure des volumes, on peut envisager trois opérations distinctes : la détermination des diamètres, celle des hauteurs et la mesure de la constante des palpeurs.

En laissant de côté la question des poussières, nous savons que, dans le contact des deux calottes sphériques terminant les palpeurs, nous pouvons commettre une erreur négative, si les deux pièces ne sont pas parfaitement en regard, tandis que nous ne pouvons pas commettre d'erreur positive.

Dans la détermination des hauteurs, au contraire, on peut commettre une erreur positive si l'axe du cylindre n'est pas parallèle à la ligne des centres des deux sphères dont les calottes font partie; en revanche, les erreurs négatives ne seraient possibles que si les palpeurs formaient un angle entre eux, et si les repères étaient situés beaucoup en dehors des centres.

Dans la détermination des diamètres, les erreurs sont positives si l'axe du cylindre n'est pas dans la perpendiculaire à la ligne des centres, négatives si les mesures sont faites sur une corde. Or, le procédé de réglage employé dans mes mesures amène certainement très près d'un diamètre, tandis que le réglage de la direction de l'axe est peut-être un peu moins sûr.

En somme, les opérations sur les cylindres peuvent les faire paraître trop grands, tandis que les palpeurs peuvent être trouvés trop petits. Il en résulte que les volumes trouvés peuvent être facilement un peu trop grands, mais qu'il y a peu de chances qu'ils soient trop petits. Le résultat définitif sera donc plus proba-

blement entaché d'une erreur négative que d'une erreur positive. Il ne faudrait pas en conclure que le résultat soit nécessairement trop petit, car les erreurs constantes peuvent être complètement éliminées par des réglages suffisamment parfaits tandis que les erreurs fortuites peuvent fausser le résultat dans un sens aussi bien que dans l'autre.

Les résultats définitifs de ce travail seront donnés ultérieurement, lorsque toutes les observations auront été soigneusement discutées.

Pour le moment, on peut au moins en tirer cette conclusion que la masse spécifique de l'eau privée d'air, à son maximum de densité et sous la pression atmosphérique, est très probablement inférieure à l'unité d'une quantité ne dépassant pas 60 à 70 millièmes, et probablement un peu plus faible; il est presque inadmissible en revanche qu'elle soit sensiblement plus forte (1).

Je rappellerai que les mesures faites par M. Chappuis sur deux cubes de verre avaient conduit à admettre, pour la masse spécifique de l'eau, une valeur différant de l'unité de 101 millièmes. Bien que les mesures par la méthode interférentielle employée par M. Chappuis fussent certainement plus précises que celles que m'avait fournies le procédé des palpeurs, les conclusions qui viennent d'être données semblaient assez certaines pour que M. Chappuis, d'accord avec M. Benoit, jugeât nécessaire de contrôler ses déterminations par de nouvelles mesures. Ce travail de vérification n'est pas encore achevé, mais les résultats déjà acquis montrent que le premier nombre était sensiblement trop fort, et que la correction de 60 à 70 millièmes, donnée par mes mesures comme une limite supérieure du résultat cherché, est, en effet, trop élevée de quelques centigrammes.

Il est dès maintenant probable qu'en adoptant, pour la masse spécifique de l'eau, la valeur 0,999 95 ou 0,999 96, on ne commettra pas une erreur supérieure à 2<sup>cs</sup> par kilogramme.

Nous espérons pouvoir, par une discussion approfondie des mesures, réduire encore un peu ces limites d'incertitude.

---

(1) Il est intéressant de noter ici que M. Macé de Lépinay a trouvé une correction probable de 41 millièmes. L'incertitude de ce résultat était, d'après une première évaluation, de 6<sup>ms</sup> au maximum; mais les expériences récemment entreprises par M. Macé de Lépinay avec la collaboration de MM. Pérot et Fabry ont montré que l'erreur était probablement plus élevée.



---

## ANNEXE II.

---

NOTE DE M. CHAPPUIS.

---

# ÉTUDES THERMOMÉTRIQUES

EFFECTUÉES

EN COLLABORATION AVEC M. LE D<sup>r</sup> HARKER.

---

Après avoir rappelé la disposition ingénieuse du thermomètre à résistance de platine sous la forme que lui a donnée M. Callendar, M. Chappuis s'exprime en ces termes :

L'avantage principal que présente le thermomètre à résistance de platine réside dans la grande étendue de son échelle. Ce thermomètre se prête en effet à la mesure des températures les plus basses que l'on puisse atteindre actuellement et à celle des températures supérieures à 1000°, sans qu'on soit obligé de changer quoi que ce soit à la disposition intérieure et sans que sa sensibilité, qui est grande, subisse des changements notables.

La résistance électrique du platine pur, qui sert à l'évaluation des températures, ne varie pas proportionnellement à la température absolue. En effet, si l'on admet, pour la valeur du degré du thermomètre en platine, la centième partie de la variation de résistance observée entre 0° et 100°, on trouve que les indications du thermomètre à résistance de platine diffèrent de l'échelle normale des températures d'environ quatre dixièmes de degré vers 50°. Au-dessus de 100°, l'écart est de sens inverse et augmente graduellement. A 445°, c'est-à-dire dans le voisinage du point d'ébullition du

soufre, l'échelle du thermomètre de platine diffère de l'échelle normale de 23 degrés environ. Il convient de remarquer en outre que divers échantillons de platine pur donnent des résultats un peu différents sans que l'analyse chimique puisse fournir à elle seule l'explication de ces divergences.

Pour que le thermomètre à résistance de platine puisse rendre des services aux physiciens, il est avant tout nécessaire de connaître son échelle en fonction de la température normale. Nous avons donc été amenés, M. le D<sup>r</sup> Harker et moi, à comparer le thermomètre en platine au thermomètre à gaz dans tout l'intervalle accessible à ce dernier, dans les conditions de construction que réalise notre instrument.

Les températures élevées ayant une importance particulière, nous avons cherché à déterminer avec exactitude le point d'ébullition du soufre.

On sait que Regnault avait trouvé, pour la température d'ébullition du soufre sous la pression normale,

448°, 3.

Comme MM. Callendar et Griffiths l'ont montré, ce nombre est certainement trop élevé, parce que, dans l'appareil de Regnault, le réservoir thermométrique n'était pas suffisamment protégé contre le rayonnement des parois.

Cette source d'erreur a pu être totalement évitée dans le nouvel appareil construit par M. Callendar pour déterminer le point d'ébullition du soufre. Dans cet appareil, que je mets sous les yeux du Comité, le soufre est maintenu en ébullition dans un tube en verre d'Iéna, entouré dans sa partie médiane d'un manchon épais de bourre d'amiante, qui isole complètement les parois du tube. Un petit manchon conique d'amiante, percé de part en part, garantit les parois du réservoir thermométrique du contact du soufre liquide condensé, tout en permettant aux vapeurs de circuler librement dans l'espace environnant.

A l'aide de cet appareil, MM. Callendar et Griffiths sont parvenus à obtenir une température d'une grande fixité qu'ils proposent d'employer comme point fondamental pour l'étalonnage des thermomètres en platine.

Les mesures effectuées par MM. Callendar et Griffiths ont donné

pour cette température

$$444^{\circ}, 53.$$

On a vu, par le Rapport de M. le Directeur, que nous avons trouvé par trois séries d'expériences, pour le point d'ébullition du soufre, la température

$$445^{\circ}, 5$$

avec une incertitude probable inférieure à un dixième de degré.

Sans vouloir expliquer l'écart assez fort entre notre résultat et celui de MM. Callendar et Griffiths, je ferai remarquer que le coefficient de dilatation de l'air, qui sert de base au calcul des températures de M. Callendar, est sensiblement plus fort que la valeur déduite des expériences de Regnault et de mes propres mesures.

En effet, suivant Regnault, le coefficient de dilatation de l'air, sous une pression constante de 760<sup>mm</sup>, est

$$\alpha = 0,003\ 670.$$

Il résulte, d'autre part, de mes déterminations antérieures, pour ces mêmes conditions,

$$\alpha = 0,003\ 670\ 8.$$

Or, le coefficient déterminé et employé par MM. Callendar et Griffiths est

$$\alpha = 0,003\ 674\ 9.$$

On voit que l'application du coefficient 0,003 670 8 rapprocherait nos résultats d'environ 4 dixièmes de degré.

Je n'entrerai pas ici dans le détail des comparaisons et des appareils utilisés dans nos expériences, sur lesquelles le rapport de M. le Directeur contient des explications suffisantes. Je dirai seulement que la température maxima de 586°, atteinte dans les comparaisons, nous paraît pouvoir être dépassée sans trop de difficulté, avec un chauffage un peu mieux aménagé. Enfin, je rappellerai que la substitution du réservoir de porcelaine au réservoir de verre permettra probablement de revenir à l'emploi de l'hydrogène comme substance thermométrique. L'expérience seule pourra nous renseigner sur les limites entre lesquelles le thermomètre à hydrogène, ainsi constitué, pourra fonctionner. Il est à craindre que, à une

température suffisamment élevée, l'hydrogène ne commence à traverser les parois du vase par diffusion. Au-dessous de cette température limite on pourrait employer le thermomètre à hydrogène, soit sous la forme actuelle, soit sous celle, plus commode à certains égards, du thermomètre à pression constante.



---

### ANNEXE III.

---

## NOUVELLES

# RECHERCHES SUR LES ACIERS AU NICKEL,

PAR M. CH.-ÉD. GUILLAUME.

---

Les propriétés remarquables des aciers au nickel, et notamment la très faible dilatabilité d'une catégorie d'entre eux, m'ont engagé à poursuivre les recherches dont les premiers résultats ont été présentés au Comité international dans sa session de 1897. D'une part, des expériences nombreuses ont été consacrées à l'examen des conditions dans lesquelles on obtient des aciers présentant les dilatabilités les plus faibles, et des mesures suivies ont été faites en vue de déterminer les lois des variations de ces aciers avec le temps. D'autre part, des expériences moins précises, mais plus variées, ont eu pour but l'étude des phénomènes généraux propres à fixer les idées sur les causes de l'anomalie présentée par ces alliages. Comme on le verra, j'ai pensé pouvoir rattacher cette anomalie à un groupe de phénomènes connus depuis longtemps, mais dont on ne semble pas avoir distingué jusqu'ici la nature véritable.

Comme pour les précédentes recherches, la Société de Com-mentry-Fourchambault m'a prêté, dans ces deux années, le concours le plus actif et le plus désintéressé.

#### Classification.

L'étude approfondie des aciers au nickel montre que toutes leurs anomalies sont liées entre elles et sont, pour ainsi dire, des fonctions les unes des autres. Parmi les variations qu'éprouvent ces alliages, les plus frappantes et les plus complètes, comme aussi les

plus faciles à constater, sont celles que subissent leurs propriétés magnétiques. On pourra donc fonder une première classification des aciers au nickel sur les variations de leur perméabilité magnétique, en laissant provisoirement de côté l'observation de leur magnétisme permanent.

Lorsqu'un acier au nickel, d'une teneur inférieure à 24 pour 100 de nickel, possède l'état magnétique, on peut l'amener à l'état neutre en le portant à une température élevée. Le magnétisme disparaît alors graduellement de l'échantillon, à partir d'une température voisine du rouge naissant, et devient insensible vers le rouge cerise. Si, alors, on refroidit l'alliage, le magnétisme ne reparait qu'à des températures inférieures à celles où il a commencé à diminuer, et l'écart entre ces deux zones de températures est d'autant plus grand que l'alliage contient plus de nickel, tout en restant au-dessous de 24 ou 25 pour 100 <sup>(1)</sup>. Vers ces dernières teneurs, le magnétisme ne reparait qu'au-dessous de 0°, comme l'a déjà montré Hopkinson; il se rétablit progressivement, sur un intervalle de température étendu, et la transformation n'est certainement pas arrivée à son maximum à la température de la neige carbonique. Pour le fer pur, les températures de transformation dans les deux sens sont à peu près confondues. Pour un alliage contenant 15 pour 100 de nickel, le passage à l'état magnétique débute vers 130° et n'est pas complètement terminé à — 50°.

Les alliages d'une teneur supérieure à 26 pour 100 de nickel éprouvent aussi des variations magnétiques en fonction de la température; le magnétisme disparaît graduellement lorsqu'on les chauffe, mais, contrairement à ce qui se passe pour les premiers, il revient sensiblement aux températures où il a disparu, et dans la même mesure.

Mes premières expériences, destinées seulement à reconnaître l'allure générale du phénomène, avaient conduit à admettre que le magnétisme augmente sur un intervalle de 50 degrés environ, comptés vers le bas, à partir du point de perte totale du magnétisme; mais

---

<sup>(1)</sup> Ces résultats se rapportent à des alliages ne contenant, en dehors du fer et du nickel, que de petites proportions d'autres éléments; mais M. Osmond et M. L. Dumas ont démontré que la teneur en nickel correspondant au début de la transformation à une température donnée est considérablement réduite par l'addition de petites quantités de carbone, ou par des proportions plus fortes de chrome ou de manganèse.

des recherches plus complètes de M. E. Dumont ont montré que l'augmentation se poursuit sur un intervalle plus considérable. M. Osmond, de son côté, a démontré que l'on ne trouve plus, jusqu'au nickel pur, d'alliage présentant les propriétés reconnues dans les combinaisons pauvres en nickel.

Cette différence essentielle entre les deux catégories d'alliages conduit à les classer en alliages *irréversibles* et en alliages *réversibles*. Les premiers sont ceux dans lesquels la variation du magnétisme ne change pas de signe en même temps que la variation de la température. Dans ces alliages, la dérivée du magnétisme en fonction de la température possède deux valeurs très différentes suivant le sens de la variation de la température, le long des courbes de transformation. Dans les alliages de la deuxième catégorie, au contraire, cette dérivée ne possède qu'une seule valeur, au moins en première approximation, sur toute l'étendue de la courbe de transformation.

Cette classification, basée sur les propriétés magnétiques, reste valable pour toutes les autres propriétés.

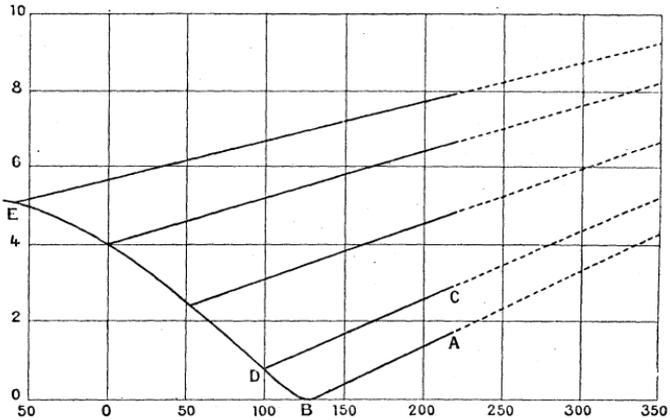
#### Dilatations.

Lorsqu'une barre d'un alliage irréversible se refroidit à partir de la température de la transformation supérieure, elle se contracte d'abord avec un coefficient voisin de 18 millièmes, en suivant une droite telle que AB (*fig. 1*, alliage à 15 pour 100 de nickel). Puis, lorsqu'elle atteint la région où le magnétisme commence à réparaître, elle s'allonge graduellement, d'une quantité qui peut atteindre 40 à 50 millièmes par degré de refroidissement. Si l'on l'on revient vers les températures élevées, la règle se dilate encore, mais avec un coefficient moindre que celui qu'elle possédait avant le commencement de la transformation. Elle parcourra, par exemple, la droite DC, et pourra rester sur cette droite aussi longtemps que le point D ne sera pas dépassé. Si l'on refroidit au delà de ce point, la barre suit la courbe DE. A chaque réchauffement, elle se dilate de nouveau, avec des coefficients d'autant plus petits que la transformation est plus complète. Finalement, elle atteint une dilatation comprise entre 10 et 11 millièmes, peu différente de celle de l'acier ou du nickel.

En général, des expériences répétées sur une même barre la font

repasser exactement par les mêmes points, et l'ensemble du phénomène doit être considéré comme tout à fait régulier. Cependant, une

Fig. 1.

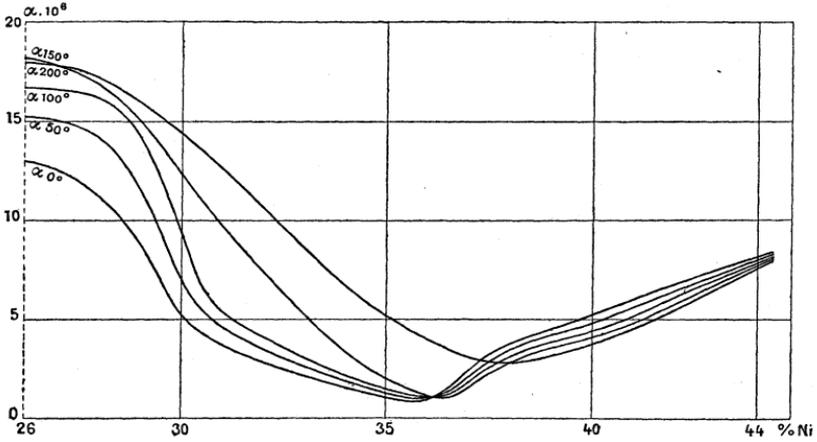


exception intervient fréquemment aux températures très basses : lorsque la barre, après avoir subi une transformation partielle, est réchauffée de quelques degrés, elle peut traverser la courbe de transformation sans la suivre, et ne recommencer à se transformer qu'à une température sensiblement plus basse. Lorsque l'équilibre est devenu trop instable, le métal se transforme presque subitement, et une règle d'un mètre peut alors éprouver en quelques secondes, et à température constante, un allongement de plusieurs dixièmes de millimètre.

Les valeurs des dilatations pour les alliages réversibles ont été indiquées dans la dernière session du Comité ; les diagrammes (*fig. 2* et *3*) représentent l'ensemble des résultats obtenus sur ces alliages. Le premier donne, en fonction de la teneur, les dilatabilités vraies des alliages entre 26 et 44 pour 100 de nickel, à une série de températures comprises entre 0° et 200°. Le second contient les dilatabilités vraies, exprimées en fonction de la température pour quelques alliages seulement. Ce deuxième diagramme montre que la dilatation passe insensiblement d'une valeur faible à une valeur beaucoup plus forte. Le passage correspond à la fin de la perte du magnétisme. Les alliages à 39 et 44 pour 100, dont la dilatabilité va en diminuant jusqu'aux températures extrêmes des expériences, ne perdent leur magnétisme complètement qu'à des températures plus élevées.

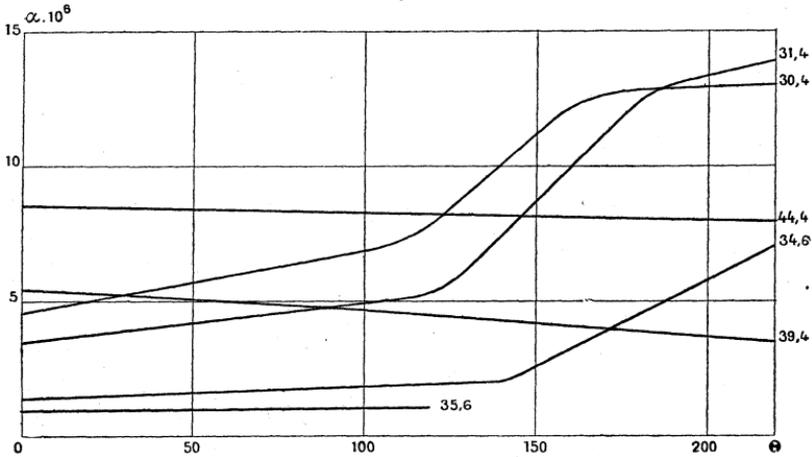
Il semblait improbable que les premières expériences eussent donné d'emblée les plus faibles valeurs de la dilatation qu'il est pos-

Fig. 2.



sible d'obtenir avec cette série d'alliages. Il convenait donc de répéter les coulées, pour chercher à obtenir des alliages encore moins dila-

Fig. 3.



tables que ceux de la première série. Mais, contre mon attente, toutes

les modifications faites aux dosages non seulement ne permirent pas de descendre au-dessous de la valeur 0,87 millionième par degré qu'avait donnée un alliage contenant 35,7 pour 100 de nickel, mais même cette valeur ne fut jamais retrouvée dans les barres simplement forgées.

Le traitement mécanique des alliages donna de meilleurs résultats. Sans insister sur le détail des opérations, je dirai seulement que des étirages répétés abaissent la dilatabilité des barres, et qu'il a été possible d'obtenir une tige dont la dilatation a été trouvée égale à  $(0,116 + 0,001500)10^{-6}$ .

Entre 0° et 20° cette tige se dilate 61 fois moins qu'une barre de platine de même longueur.

### Déformations permanentes.

Il est superflu d'insister ici sur les déformations résiduelles des alliages irréversibles qui n'ont, actuellement, aucun emploi en métrologie; je dirai seulement qu'à toute température la transformation ne semble pas immédiatement complète, même en dehors des retards considérables observés aux températures basses, et qui correspondent à une véritable rupture d'équilibre. Lorsqu'on chauffe ces alliages, en restant à une température peu élevée, ils éprouvent un faible retour en arrière, comme si la transformation, qui devient très évidente au rouge, débutait faiblement à des températures même inférieures à 100°.

La connaissance complète des variations résiduelles des alliages les moins dilatables est essentielle en vue de leur application aux mesures de précision.

Comme le verre, ces alliages tendent, à toute température, vers un état déterminé, qui est atteint après un temps plus ou moins long, suivant la température actuelle et l'état antérieur de l'alliage.

Une barre, refroidie à l'air après le forgeage, tend à s'allonger, et son mouvement est d'autant plus rapide que sa température est plus élevée, au moins si l'on se limite aux températures inférieures à celle de perte totale du magnétisme. Lorsqu'une barre a atteint sa longueur définitive à une température déterminée, elle recommence à s'allonger si on l'amène à une température plus basse. Si l'on revient à la température précédente, elle se raccourcit et tend à reprendre la longueur à laquelle elle s'était arrêtée. A toute température, la vitesse est diminuée par un recuit préalable à une tempéra-

ture peu supérieure à celle de l'observation. Ainsi une règle n'ayant subi aucun recuit après le forgeage éprouve, à la température ordinaire, une variation de  $0^{\mu},1$  par jour pour  $1^m$  de longueur. Mais, si la barre a subi une série de recuits à des températures décroissantes, pour finir par un séjour prolongé à  $40^{\circ}$ , la variation au début n'est plus que de  $0^{\mu},04$ .

J'ai résumé, ci-après, les mesures faites sur une règle de l'alliage le moins dilatable, ayant subi préalablement la série complète des recuits de  $150^{\circ}$  à  $40^{\circ}$  (1). Les mesures ont toujours été faites au voisinage de  $15^{\circ}$ , et réduites à la même température. A l'exception du second, les nombres du Tableau sont des moyennes de deux ou trois séries de mesures faites à des jours différents.

Températures.	Temps.	Valeurs. $\mu$ .
11°	10 jours	+0,51
11°	33 »	+1,84
11°-18°	74 »	+2,36
18°-20°	118 »	+3,01
20°-14°	176 »	+4,59
14°-8°	245 »	+5,64
6°-8°	300 »	+5,83
6°-8°	334 »	+6,50
8°-9°	376 »	+6,13
9°-15°	455 »	+5,82
15°-20°	531 »	+6,16
20°-10°	598 »	+7,35
10°-6°-8°-4°-6°	680 »	+8,13
6°-10°	746 »	+7,87
10°-15°	785 »	+7,50

L'examen de ces nombres, et mieux encore celui de la courbe qui les représente en fonction du temps (*fig. 4*), montre que la règle s'est allongée progressivement, suivant une fonction ayant le caractère d'une exponentielle. La courbe présente, il est vrai, une irrégularité bien accentuée dans la seconde année; mais, si l'on rapproche cette perturbation de la variation de la température, représentée par la courbe pointillée, on voit que le raccourcissement de la règle cor-

---

(1) Voir les *Procès-Verbaux* de 1897, p. 104.

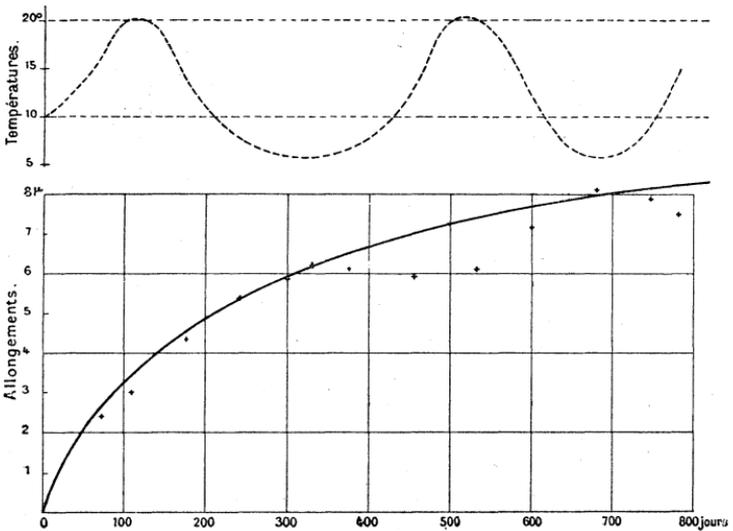
respond à l'élévation de la température ambiante, conformément aux lois énoncées précédemment.

On peut tirer, du Tableau ou de la courbe, les conclusions suivantes quant aux valeurs numériques des variations : dans la première année qui suit un recuit à  $40^{\circ}$ , une barre de l'alliage le moins dilatable s'allonge, à la température ordinaire, de  $6\mu,5$  par mètre ; dans la seconde année, la variation n'est plus que de  $1\mu,5$ . Lorsque la règle passe, en quelques mois, de  $4^{\circ}$  à  $21^{\circ}$ , sa longueur, ramenée à une même température, subit une diminution de  $1\mu,5$  environ.

Nous verrons plus loin quelles conclusions il convient de tirer de ces nombres pour les applications des alliages peu dilatables.

Si l'on poursuit le recuit jusqu'à  $30^{\circ}$  ou jusqu'à  $25^{\circ}$ , les variations à la température ordinaire sont encore sensiblement réduites. A  $25^{\circ}$ , le recuit semble à peu près achevé au bout de deux mois.

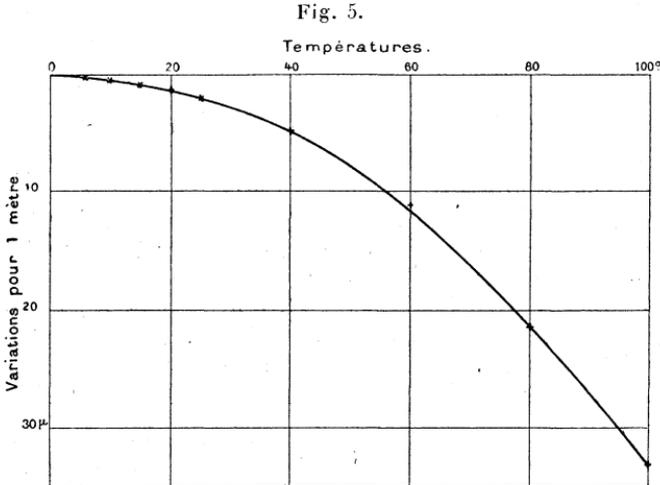
Fig. 4.



Les barres étirées à froid subissent des variations dont les lois sont plus complexes. Le premier recuit à  $100^{\circ}$  produit d'abord un allongement de la règle ; puis, au bout d'un temps variant entre quelques heures et une cinquantaine d'heures, la règle commence à se raccourcir, et ce mouvement de contraction est sensible pendant environ deux cents heures. Si, à ce moment, la barre est

ramenée à une température plus basse, on n'observe plus qu'un allongement dont l'allure est identique à celle des variations que subit une règle simplement forgée et recuite ensuite à 100°. En aucun cas, je n'ai observé de raccourcissement d'une règle étirée, ultérieurement à la première contraction à 100°, même si cette contraction n'avait pas été complète. Il semble donc qu'un recuit à 100° protège contre toute variation aux températures inférieures en ce qui concerne les tensions mécaniques, alors que les variations propres aux aciers au nickel recommencent à toute température inférieure à celle du dernier recuit. Cette propriété des variations résiduelles nous montre qu'il existe deux ordres distincts de déformations : les unes propres à chaque alliage, et indépendantes du traitement mécanique qu'il a subi, les autres, au contraire, ne dépendant que du traitement mécanique.

J'ai d'ailleurs observé, sur des barres de nickel pur, des variations résiduelles de la deuxième espèce, tandis qu'il m'a été impossible de constater la moindre trace des variations de première espèce. Une barre étirée, ayant subi une variation sensible par le recuit à 100°, conservait une longueur constante à toute température inférieure, quelle que fût la durée de ce recuit supplémentaire.



Les aciers au nickel à 44 pour 100 de nickel n'éprouvent, en barres forgées, que des variations très faibles ; en barres étirées,

au contraire, les contractions dépassent  $100\mu$  par mètre dans un recuit prolongé à  $100^\circ$ ; les recuits ultérieurs à des températures plus basses ne font plus subir aux barres que des variations insignifiantes.

Ces résultats montrent qu'au point de vue pratique il n'y a pas à se préoccuper des variations dues à la disparition des tensions mécaniques; ces tensions une fois supprimées par un recuit à  $100^\circ$  ne reparaissent plus, et toutes les variations ultérieures des barres étirées sont identiques à celles des barres forgées.

Les résultats obtenus sur les changements de longueurs des barres dus aux variations de la température ambiante ne permettaient pas de se faire une idée suffisamment nette de la relation qui existe entre la température et l'état définitif de la barre. J'ai donc fait des séries spéciales de mesures sur une barre de l'alliage le moins dilatable, qui avait subi tous les recuits jusqu'à  $40^\circ$ , suivis d'un repos d'un an à la température du laboratoire; la barre, chauffée à une série de températures fixes, était mesurée dans l'intervalle des chauffe, et l'exposition à chaque température était continuée jusqu'à ce que la barre eût pris une longueur constante.

Les résultats de ces mesures <sup>(1)</sup>, combinés, pour les températures inférieures à  $25^\circ$ , avec ceux qu'avait fournis la barre précédente, sont bien représentés, entre  $6^\circ$  et  $100^\circ$ , par la formule

$$y = -0,016(\theta - 6) - 0,00359(\theta - 6)^2.$$

Cette formule donne, en microns par mètre, les différences entre les dilatations qu'éprouverait une barre si, dans deux opérations distinctes, on lui faisait parcourir les diverses températures avec une vitesse infiniment grande ou avec une vitesse infiniment faible. On en déduit, pour  $\theta = 30$  :  $y = -1\mu,70$ ; et, pour l'intervalle (10.25), une variation de  $1\mu,51$ .

La formule qui précède donnerait, à  $0^\circ$ , une variation *positive* de  $y$  de  $0\mu,03$  par degré, valeur inadmissible, étant donnée la nature du phénomène, et due seulement à des erreurs d'ailleurs très

---

(1) La dépression à  $25^\circ$ , pour la première barre, a été suivie, dans les soixante dernières heures de la chauffe, d'un relèvement de  $0\mu,46$ ; j'en ai conclu que le recuit à cette température n'avait pas été complet, ce qui m'a conduit à remplacer les observations faites aux températures ordinaires par celles qui avaient été faites sur l'autre règle. Ces mesures seront complétées dès que la température le permettra.

faibles des mesures, rendue les plus importantes par l'extrapolation. La plus petite valeur que l'on puisse admettre pour le coefficient du premier terme est zéro. On peut reporter sur le second terme les quantités contenues dans le premier, de manière à rendre les deux formules aussi concordantes que possible entre  $0^{\circ}$  et  $100^{\circ}$ , en donnant au coefficient du second terme la valeur de  $-0,00325$ .

Nous verrons comment ces résultats peuvent être utilisés pour éliminer, en pratique, les variations résiduelles des aciers au nickel.

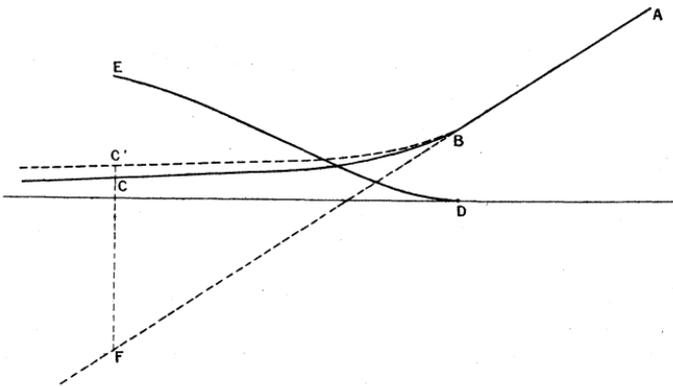
### Essai de théorie.

Deux ordres de faits, convenablement interprétés, peuvent être utilisés en vue d'établir une théorie générale des anomalies des aciers au nickel. Ce sont d'abord les relations très nettes qui existent entre les variations magnétiques de ces alliages et leurs variations de volume, et, en second lieu, leurs variations résiduelles.

Nous venons de voir que ces dernières sont indépendantes des déformations qui se produisent par la disparition des tensions mécaniques, et ne peuvent être attribuées à des causes de cet ordre.

Si nous mettons en parallèle les phénomènes observés dans les

Fig. 6.



alliages des deux catégories, nous voyons, dans les premiers, l'apparition du magnétisme, accompagnée d'une dilatation irréversible. Les alliages réversibles, de leur côté, se contractent suivant une fonction sensiblement linéaire jusqu'au moment où le magnétisme commence à apparaître; à partir de ce point, la courbe se relève et

la contraction diminue graduellement. Si l'on représente, dans le même diagramme (*fig. 6*), la courbe ABC des variations de longueur de l'alliage, et la courbe DE des variations de son magnétisme, on voit que ces deux courbes, sans être rigoureusement superposables, ont cependant une allure assez semblable, si l'on prend, comme axe des abscisses de la première, la droite AB prolongée, c'est-à-dire la droite suivant laquelle l'alliage aurait continué à se contracter si le magnétisme n'était pas apparu.

On peut donc dire que, dans les alliages des deux catégories, l'apparition du magnétisme est accompagnée d'une augmentation du volume moléculaire moyen qui, dans un cas, produit une dilatation visible, dans l'autre seulement une diminution de la contraction normale.

Si, maintenant, on tient compte des résidus, on verra que la contraction qui, par une variation rapide de la température, se produit suivant la ligne BC, suit, au contraire, la ligne BC' lorsque la variation de la température est infiniment lente.

Au premier instant, la modification moléculaire ne produit que l'action représentée par FC, mais cette modification se complète lentement de la quantité CC'. Tandis que, dans les métaux purs, les phénomènes de dilatation sont instantanés, la modification qui diminue la contraction au refroidissement dans les aciers au nickel n'est instantanée que pour une partie de sa valeur, tandis qu'un petit reste, de l'ordre de 1 à 2 pour 100, ne suit que très lentement.

Il semble donc bien démontré, d'une part, que l'apparition du magnétisme est corrélative d'une augmentation du volume moléculaire moyen de l'acier au nickel, et que cette augmentation, réversible ou irréversible, n'est instantanée que pour une partie de sa valeur.

Quant à la nature intime du phénomène, on ne peut la préciser qu'au prix d'une hypothèse.

Nous savons que la plupart des combinaisons du fer et du nickel ne sont que très faiblement magnétiques, aux températures où ces deux métaux le sont très fortement. Le magnétisme est donc une propriété moléculaire et non une propriété atomique des métaux ferro-magnétiques.

On peut en conclure que, dans certains de leurs alliages, le fer et le nickel existent à un état différent de l'état de groupement moléculaire auquel est dû leur magnétisme. La présence de l'autre métal est alors prépondérante, et l'hypothèse la plus simple consiste à

admettre qu'à l'état non magnétique les ferro-nickels sont des combinaisons de fer et de nickel. Lorsque l'état magnétique reparait, les deux métaux reprennent leur liberté et forment de nouveau les groupements individuels desquels dépend leur magnétisme.

A ce deuxième état, les métaux sont simplement mélangés, tandis qu'aux états intermédiaires l'alliage est constitué par un mélange homogène, en proportions quelconques, de fer, de nickel et de ferro-nickel.

Deux faits peuvent encore être invoqués à l'appui de cette hypothèse : le premier est la valeur de la dilatation des alliages irréversibles à l'état magnétique, valeur correspondant sensiblement à ce que donnerait un mélange ; le second consiste en ce que les combinaisons donnant les phénomènes les plus nets sont très voisines des teneurs correspondant aux formules  $\text{Fe}^2\text{Ni}$  et  $\text{Fe}^3\text{Ni}$ .

Cette hypothèse une fois admise, on sera conduit à considérer les alliages réversibles comme des combinaisons qui tendent, à toute température, vers un équilibre physico-chimique déterminé, dans lequel une proportion définie de chacun des constituants est à l'état libre, et le reste à l'état de combinaison.

Dans les aciers irréversibles, l'équilibre est indifférent dans un large espace de température et devient instable à un certain moment ; la stabilité n'est alors rétablie que par la transformation d'une certaine proportion de l'alliage ; mais, à la température où s'opère cette transformation partielle, la stabilité est encore plus parfaite si la transformation s'est produite dans une plus forte proportion. On sait, en effet, depuis les travaux d'Hopkinson, dont j'ai vérifié les résultats, que tout travail mécanique, au voisinage de la courbe de transformation inférieure, produit une transformation plus ou moins complète de l'alliage. Il serait particulièrement intéressant de rechercher si, au voisinage de la transformation supérieure, le travail mécanique précipite cette transformation.

Il convient de remarquer que la notion d'équilibre chimique ou physico-chimique auquel seraient dues les anomalies des alliages réversibles est indépendante du plus ou moins de précision qu'on peut être tenté de lui donner. On la préciserait parfaitement en admettant que l'équilibre tend à s'établir, à chaque température, entre une combinaison bien définie de fer et de nickel, et un mélange de cette combinaison avec du fer et du nickel libres. Mais une hypothèse aussi précise serait peu d'accord avec le fait que l'anomalie varie d'une manière continue avec la teneur, dans les irréversibles

comme dans les réversibles, et présente seulement un maximum de netteté au voisinage des combinaisons définies.

Il semble préférable de laisser provisoirement dans le vague la nature des transformations qui s'opèrent pour établir l'équilibre de la masse; quant à l'existence de cet équilibre, parfait ou imparfait, à toute température dans les alliages réversibles, suivant la durée de l'exposition à une température invariable, et parfait seulement dans des conditions déterminées dans les irréversibles, elle ne paraît pas douteuse.

On ne sait pas encore si le passage d'une catégorie à l'autre est brusque ou graduel. Il est probable que, pratiquement, il est graduel, en raison des petits défauts d'homogénéité de la masse, dans laquelle on trouvera, au voisinage de la séparation, des alliages des deux catégories formant un mélange intime.

La différence essentielle entre les variations résiduelles propres aux aciers au nickel et les variations que l'on observe dans tous les métaux ou alliages, après un traitement mécanique quelconque, nous a montré qu'une hypothèse nouvelle était nécessaire pour expliquer les premières, et l'idée d'un équilibre chimique est intervenue tout naturellement.

La même idée permet de donner une théorie satisfaisante de phénomènes connus depuis longtemps, par exemple les variations du verre, dont les lois générales sont identiques à celles des variations des aciers au nickel.

Deux ordres de variations résiduelles ont été observés dans le verre, soumis soit à des températures variables, soit à des actions mécaniques variables. Ces deux ordres de modifications suivent des lois très semblables, et quelques auteurs avaient cru pouvoir les ramener l'une à l'autre. Dans cette théorie, les variations rapides de la température produiraient des tensions mécaniques, dont les résidus seraient observés comme résidus thermiques. Mais il est aisé de voir que cette théorie n'expliquerait qu'une très petite fraction des déformations constatées; il faut donc y renoncer et voir plutôt, dans l'analogie des lois pour les deux ordres de phénomènes, une tendance du verre à s'approcher d'une façon semblable d'un nouvel état d'équilibre, quelle que soit la cause pour laquelle cet équilibre a été rompu.

Le verre étant un mélange de corps combinés et de corps dissous formant entre eux des combinaisons peu définies, on pourra s'at-

tendre à voir ces combinaisons se modifier sous l'influence de causes extérieures, comme la température ou la pression; les affinités des divers corps composant le verre étant des fonctions de ces deux variables, un équilibre chimique de combinaison et de dissolution déterminé devra correspondre à chaque couple de valeurs de la température et de la pression.

Considérons, par exemple, une baguette de verre fléchie par un poids. Nous savons qu'elle prend, au premier moment, une flèche déterminée, qui augmente ensuite pendant un certain temps, puis se fixe à une valeur qu'elle ne dépasse pas. Lorsque la force est supprimée, la baguette revient en arrière en conservant seulement la fraction de la flexion qui s'est établie lentement. Mais cette déformation disparaît à son tour après un temps plus ou moins long.

Dans les deux cas, la masse du verre tend vers un équilibre déterminé, différent sous une charge ou en l'absence de tout effort, mais cet équilibre ne peut s'établir que graduellement, en raison de l'état solide.

S'il s'agissait d'un glissement des molécules les unes sur les autres, on ne s'expliquerait pas qu'il dût s'arrêter, et l'on comprendrait plus difficilement encore que la déformation dût disparaître lorsque la force a cessé d'agir. Si, au contraire, on admet que les combinaisons chimiques ont été modifiées par l'action de la force, l'ensemble du phénomène devient immédiatement évident.

La même théorie s'applique, sans modification, aux résidus thermiques, et l'analogie entre les deux ordres de phénomènes est due à la plus ou moins grande facilité avec laquelle chaque sorte de verre passe d'un état d'équilibre à un autre état voisin.

On sait, d'ailleurs, que les verres contenant des quantités équivalentes de soude et de potasse présentent des résidus considérables, alors que les verres à un seul alcali sont beaucoup plus stables. Quant au quartz, il ne permet pas d'observer de résidus élastiques appréciables. Or, la probabilité de modifications d'ordre chimique suit précisément la même marche que les résidus réellement observés.

Cette théorie ne semble pas prêter aux nombreuses objections qui ont rendu la théorie élastique des résidus difficilement acceptable.

On peut la résumer en quelques mots :

Dans toute matière solide, constituée par des combinaisons susceptibles de faire entre elles des échanges, toute variation de la température ou de la pression modifie les combinaisons de manière

à amener lentement le corps à un nouvel état d'équilibre qui se manifeste par une variation de ses dimensions. Le retour aux précédentes conditions de température et de pression ramène, en général, aux premières combinaisons.

Cette règle subit, toutefois, une exception lorsqu'on passe rapidement de certaines conditions déterminées à d'autres conditions qui exigeraient un équilibre très différent. Le système peut alors conserver indéfiniment certaines combinaisons correspondant aux précédentes conditions.

On peut ajouter que l'état vers lequel tend le système est toujours situé au delà de l'état auquel on arrive au premier instant du changement brusque des conditions extérieures. L'exception des aciers au nickel, se contractant après une dilatation, n'est, en effet, qu'apparente. Le résidu est relatif, non point à la très faible dilatation que l'on constate comme phénomène d'ensemble, mais seulement au terme négatif dont l'existence, due à un phénomène de nature chimique, donne lieu aux anomalies de dilatation d'une catégorie de ces aciers.

#### Applications.

Les avantages que l'on peut tirer de l'emploi d'alliages très peu dilatables dans les mesures de précision assureraient, aux aciers au nickel, un emploi illimité si leurs variations permanentes ou résiduelles n'obligeaient à une certaine réserve dans leurs applications.

Il convient, tout d'abord, de laisser de côté les étalons métriques de premier ordre, pour lesquels la précision exigée est pour ainsi dire sans limite. En revanche, les nombres cités plus haut montrent qu'on arrive, sans précautions particulières, à assurer la permanence d'un étalon à un cent-millième près, et nous pouvons considérer, pour ces étalons, la question comme entièrement résolue.

Il reste à chercher si l'on peut appliquer sans danger les nouveaux alliages aux mesures dont la précision est notablement supérieure à cette valeur, tout en restant limitée.

Dans les mesures géodésiques, par exemple, il semble désirable d'assurer la connaissance de la valeur des étalons au millionième près. Il importe donc de voir si les aciers au nickel permettent de déterminer en tout temps la valeur d'un étalon avec une précision de cet ordre.

Dans les conditions ordinaires du travail géodésique, les règles suivent les oscillations de la température ambiante. Les mesures

étant faites, dans l'immense majorité des cas, en dehors des grands froids ou de la grande chaleur, on pourra considérer les températures de  $5^{\circ}$  et  $25^{\circ}$  comme les limites pratiques que les règles ne dépasseront qu'exceptionnellement durant les mesures.

D'un autre côté, il est essentiel que les règles puissent être soumises, de temps en temps, à une vérification de leur équation.

Le travail définitif à faire sur la règle ne devra commencer, évidemment, que lorsque l'alliage aura subi tous ses recuits, en y comprenant un repos prolongé à la température ordinaire. Si l'on admet, par exemple, qu'un étalon puisse être abandonné pendant une année avant la détermination de son équation, on voit, par les expériences faites sur une règle dont les résultats ont été donnés plus haut, qu'en revenant, au bout d'une deuxième année, à la même température par des variations très lentes, l'étalon aura repris sa longueur à moins de 2 millièmes près. La moyenne des deux équations que l'on aura déterminées à un an de distance permettra donc de calculer toutes les mesures intermédiaires, faites à la même température, avec une erreur inférieure à un millionième. Une interpolation rationnelle donnera même l'équation en tout temps avec une certitude notablement supérieure.

Mais, à cette variation lente avec le temps, se superpose une variation dépendant de la température à laquelle la règle est actuellement soumise et de la vitesse avec laquelle varie cette température. Or nous avons vu que, entre les températures de  $5^{\circ}$  et  $30^{\circ}$ , l'alliage le moins dilatable subit une contraction temporaire de 2 millièmes. Si l'on suppose que l'on ne sache rien sur la manière dont les diverses températures ont été atteintes, on pourra adopter la valeur de l'équation correspondant à une température moyenne, et l'incertitude aux extrêmes sera encore de 1 millionième. Cependant, il en sera rarement ainsi; car si même une règle est soumise, en campagne, à une importante oscillation diurne, cette oscillation devra rester, pendant des semaines, dans des limites beaucoup plus serrées, et l'on pourra appliquer, à chaque période, une valeur de l'étalon correspondant à la température moyenne de cette période. Les changements de longueur aux températures ordinaires étant toujours assez lents, on n'aura pas à tenir compte d'expositions de courte durée à des températures exceptionnellement hautes ou basses, à la condition qu'elles ne sortent pas sensiblement des limites que nous avons adoptées. Si, par exemple, une règle ayant pris sa longueur définitive à  $25^{\circ}$  est portée brusquement à  $40^{\circ}$ , sa longueur diminue de 1 millionième dans

les vingt premières heures de son exposition à cette dernière température. Si donc l'oscillation diurne était de 10 degrés de part et d'autre de 25° on pourrait admettre, avec une approximation bien supérieure au millionième, que l'étalon a été maintenu constamment à 25°. Si les oscillations, de part et d'autre, duraient des temps égaux, l'état définitif correspondrait à une température supérieure à la moyenne, en raison de la forme de la fonction qui relie les variations temporaires aux températures, aussi bien pour leur valeur que pour leur vitesse d'établissement; mais, au degré d'approximation que nous avons supposé, il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

On voit donc, d'une part, que l'on pourra toujours déterminer l'état actuel d'une barre soigneusement recuite et abandonnée à elle-même dans les premiers mois qui suivront le recuit, à la seule condition de pouvoir déterminer son équation à des intervalles qui, au début, pourront être d'une année environ. Si l'on connaît l'amplitude de la variation annuelle de la température et les conditions dans lesquelles la règle se trouvait au moment où son équation a été déterminée, on pourra calculer sa valeur à toute époque intermédiaire, avec une précision de l'ordre du millionième. Cette précision pourra être dépassée si l'oscillation diurne de la température est peu considérable, et si l'on connaît approximativement la durée du séjour de l'étalon entre certaines limites de température écartées seulement de quelques degrés.

Les règles servant dans les laboratoires sont soumises à des variations de température qui sont facilement rendues plus régulières et qui peuvent être mieux connues. La précision du millionième sera donc facilement atteinte dans les mêmes conditions, et, s'il s'agit d'étalons décimétriques, cette précision relative est au moins égale à la précision absolue que l'on peut atteindre dans la mesure de la position d'un trait.

L'application que l'on peut faire de ces alliages à la compensation des pendules se présente sous une forme encore plus avantageuse. L'ensemble des conditions de marche d'une horloge exige que la température varie lentement, ce qui entraîne naturellement une variation diurne de peu d'amplitude et dont il n'y a pas à tenir compte. Les variations à longue période intervenant seules pour fixer la valeur de la tige à chaque moment, on pourra compter qu'elle a toujours atteint l'état définitif à la température actuelle. On devra donc substituer, pour le calcul de la compensation, à la formule

de la dilatation trouvée par des variations rapides de la température, une autre formule obtenue en ajoutant à la précédente la quantité  $-0,00325 \theta^2$ , exprimant les variations résiduelles en fonction de la température. La compensation devra donc être calculée à l'aide de la formule de dilatation correspondant à une marche infiniment lente de la température.

Quant aux variations permanentes, elles produiront un retard progressif dans la marche du pendule, mais ce retard n'atteindra pas un dixième de seconde par jour dans la seconde année à partir de la fin du recuit. Cette variation rentre dans l'ensemble des modifications de marche de l'horloge, que l'on détermine par des observations astronomiques.

Cette discussion montre que, si l'on prend quelques précautions dans la manipulation des aciers au nickel, on pourra, par de petites corrections faciles à évaluer, ou même par une correction automatique, employer ces alliages aux usages qui exigent la plus haute précision, et dont il n'y a lieu d'exclure que les étalons de premier ordre. En revanche, on ne saurait trop insister sur la nécessité de suivre minutieusement, soit dans le recuit, soit dans l'usage des étalons, les meilleurs procédés enseignés par l'étude détaillée de ces alliages.





---

## ANNEXE IV.

---

### NOUVELLE MÉTHODE

DE TRACER ET D'OBSERVER

# DES DIVISIONS DE PRÉCISION,

FORMÉES PAR DES TRAITS LUMINEUX SUR FOND NOIR;

PAR M. ALBERT A. MICHELSON.

---

Dès la fin du travail sur l'évaluation du mètre en longueurs d'ondes lumineuses, il m'a paru extrêmement désirable de faciliter, autant que possible, l'emploi des ondes lumineuses dans les mesures de haute précision.

Or l'objection la plus grave contre cet emploi est sans doute la difficulté de s'assurer du nombre entier d'ondes. Les fractions sont assez faciles à mesurer.

Il est vrai que, le rapport des trois radiations du cadmium étant une fois fixé, on peut en déduire, dans un cas particulier, le nombre entier. C'est ce que nous avons constaté dans le travail que nous avons fait, M. le Directeur du Bureau et moi, et au cours duquel, pendant dix mois, nous n'avons pas trouvé une seule exception.

Il paraît cependant que, dans les expériences de M. Chapuis, c'est justement ce contrôle qui manque, à cause d'un changement de la raie verte. On retrouvera certainement les conditions dans lesquelles cette raie a si bien fonc-

tionné; et, au besoin, la nouvelle raie qu'on a observée dans le vert sera remplacée par des radiations d'autres substances encore à étudier.

Néanmoins il serait très commode de pouvoir se servir d'une règle divisée, et, en partant d'un trait et arrivant à un autre, d'être sûr du nombre d'ondes entier dont on a fait avancer un miroir de repère.

Mais, pour atteindre ce but, il faudrait une exactitude de pointé du microscope beaucoup plus considérable que ce qu'on obtient à présent.

Ainsi, si je ne me trompe, la limite sur laquelle on peut compter est de l'ordre de  $0^{\mu}, 2$  ou  $0^{\lambda}, 4$ , ce qui correspond à  $0,8$  de frange. Donc il ne sera guère possible de s'en servir pour le but désiré.

En dehors du cas que je viens de citer, il y en a une foule d'autres non moins importants; et, même en en faisant abstraction, la possibilité de trouver un procédé qui pourrait augmenter la précision des pointés d'un microscope aura pour notre Comité un intérêt assez grand pour justifier l'essai que je vais décrire.

On sait que l'image d'un trait dans un microscope est elle-même un phénomène d'interférence et, sous un grossissement assez fort, on voit des franges plus ou moins distinctes, au lieu d'une image semblable au trait.

On sera tenté d'abord de croire que ce sera précisément une objection contre des grossissements trop forts; et c'est juste s'il s'agit simplement d'une image qu'on voudrait faire ressembler à l'objet même. Mais, si l'on veut placer le fil d'un microscope dans une position donnée par rapport à cette image, le contraire se produit; un grand grossissement donnera un plus haut degré de précision de pointé.

On le constate si l'on considère qu'une erreur de pointé d'une fraction de frange  $\varepsilon$  correspond à une erreur de la position du centre du trait de  $\frac{\varepsilon\lambda}{\sin\alpha}$ , où  $\alpha$  est la demi-ouverture angulaire de l'objectif. Évidemment cette fraction  $\varepsilon$

sera plus petite lorsque les franges mêmes seront larges, c'est-à-dire avec un fort grossissement.

Maintenant, pour avoir des franges bien nettes et pour trouver des résultats à peu près indépendants de l'éclairage, il faut des traits extrêmement minces, d'une largeur de quelques dixièmes de micron. Or un trait noir sur un fond éclairé, dans ces conditions, est à peine visible, surtout lorsque l'on emploie des grossissements un peu forts. C'est pourquoi j'ai procédé de l'autre façon, employant un trait lumineux sur un fond noir.

J'ai essayé premièrement une surface métallique opaque, en éclairant le trait latéralement; mais c'est là un procédé contre lequel on pourrait facilement soulever des objections, même s'il n'y avait pas certaines difficultés pour tracer convenablement les traits dans ce but. L'autre procédé consiste à déposer sur une règle de verre une couche mince d'or ou de platine ou d'iridium, ce qui est assez facile à faire, et de tracer les traits à travers cette couche, de façon à obtenir une fente étroite qu'on illumine par dessous. Il est facile de tracer de tels traits ayant une largeur de moins d'un demi-micron; dans ces conditions j'ai constaté que les franges sont très claires et très régulières, de sorte qu'on peut mesurer la position du centre de la frange centrale jusqu'à 0,04 de sa largeur, ce qui correspond à une erreur dans l'estimation de la position du trait de  $\frac{0\lambda,04}{\sin \alpha}$ , c'est-à-dire à peu près 0<sup>m</sup>,04.

Ayant ainsi constaté, comme il me semble, la possibilité de ce haut degré de précision dans les mesures, j'ai pensé qu'il serait utile de construire une règle de verre argenté, de 0<sup>m</sup>,1 ou 0<sup>m</sup>,2 de longueur.

Une telle règle aura des avantages importants, surtout pour les laboratoires de physique, où la grande majorité des mesures sont de cet ordre de grandeur. De plus, la grande facilité de les manier, l'absence des erreurs de flexion, et la possibilité de maintenir constante la température sont des avantages que tout physicien appréciera.

La question de température peut être encore simplifiée, en faisant de la règle même son propre thermomètre. Pour les expériences préliminaires il sera peut-être plus simple de mettre le thermomètre à côté de la règle, ou, comme je l'ai fait, dans la boîte métallique à laquelle la règle sert de couvercle.

Enfin, une telle règle peut être comparée directement aux longueurs d'ondes lumineuses, au moyen d'un comparateur interférentiel. Ce sera le travail qui nous occupera, M. Stratton et moi, pendant l'année prochaine.



# TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
<b>Procès-Verbaux des séances de l'année 1899.....</b>	1-140
<i>Procès-Verbal de la première séance, du 15 avril.</i>	1-79
Ouverture de la session. — Le Président souhaite la bienvenue aux nouveaux Membres et présente les excuses de M. von Lang.....	1
<i>Rapport du Secrétaire sur les deux derniers exercices de 1897 et 1898.....</i>	2-11
Élection des nouveaux Membres, MM. Blaserna et Michelson.....	2-4
Inspection du Bureau international par le bureau du Comité au printemps de 1898.....	4
Loi et Règlement rendant le Système métrique légal en Angleterre.....	5
Règlement anglais (19 mai 1898) maintenant la définition métrique du Litre.....	5-6
Demande par la Grèce de renseignements sur les conditions d'adhésion à la Convention et réponse provisoire.....	6-8
Commande de huit décimètres par la Belgique...	8
Invitation du Gouvernement français à participer à l'Exposition de 1900.....	8-10
Question de la Caisse de retraite et du fonds de réserve.....	10-11
Publication du Tome IX des <i>Travaux et Mémoires</i> .....	11
<i>Rapport du Directeur du Bureau international sur les exercices de 1897 et 1898.....</i>	12-78
I. — <i>Personnel</i> .....	13
II. — <i>Bâtiments</i> .....	13
III. — <i>Machines et instruments</i> .....	13-15

	Pages.
IV. — <i>Comptes</i> .....	15-44
1. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.....	15, 16
2. — Frais de confection des prototypes internationaux et des étalons du Bureau.....	16, 17
3. — Frais annuels.....	17-22
4. — Frais des prototypes nationaux.....	23, 24
5. — Compte de la subvention extraordinaire et des anciens arriérés de contributions.....	24-27
Tableau des comptes de 1897.....	29-36
Tableau des comptes de 1898.....	37-44
V. — <i>Travaux</i> .....	45-78
Nomination des deux Commissions spéciales.....	78, 79
<i>Procès-Verbal de la deuxième séance, du 18 avril 1899</i> .....	80-88
Première discussion sur la réponse à donner à la Grèce.....	81, 82
Question de la participation du Comité à l'Exposition de 1900; le bureau est chargé des pourparlers avec la Direction de l'Exposition sur cette participation.....	83
Communications de M. Chaney :	
1° Sur l'impossibilité d'envoyer à Breteuil le prototype anglais du Kilogramme qui sert aux travaux en cours en vue de l'introduction pratique des Poids et Mesures métriques....	84
Discussion et résolution de renoncer pour cette fois à l'envoi du kilogramme anglais.	84-86
2° Sur l'influence de la pression atmosphérique sur la longueur des étalons. Résolution du Comité de placer, pendant la session, un témoin dans le vide.....	86, 87
3° Sur la fondation, projetée en Angleterre, d'un laboratoire national de Physique.....	87, 88
Communication de M. Guillaume sur ses mesures et pesées pour la détermination de la masse du	

	Pages.
décimètre cube d'eau ( <i>voir</i> Annexe I).....	88
Visite de la salle des balances pour inspecter les installations ayant servi à la détermination de la masse du décimètre cube d'eau .....	88
<i>Procès-Verbal de la troisième séance, du 21 avril</i>	
1899.....	89-100
Le procès-verbal de la deuxième séance est adopté après discusion.....	89,90
Premier Rapport de la Commission des Comptes et des Finances; approbation des Comptes de 1897 et 1898 .....	90,91
Premier Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux .....	91-94
Discussion et adoption à l'unanimité des propositions de ce Rapport, sauf la quatrième, concernant les étalons décimétriques, qui est renvoyée à la Commission pour nouvel avis .....	94-99
Communication de M. Chappuis sur le thermomètre à résistance électrique ( <i>voir</i> Annexe II)..	100
Première Communication de M. Guillaume sur l'acier-nickel ( <i>voir</i> Annexe III).....	100
<i>Procès-Verbal de la quatrième séance, du 25 avril</i>	
1899.....	101-112
Renseignements reçus par lettre de M. Helmert et verbalement de M. Bassot, sur l'exactitude présumable des fils Jäderin, et sur l'installation demandée à Breteuil pour leur vérification. Le bureau et le Directeur sont chargés de poursuivre les négociations. ....	101-103
Décision d'ouvrir, dans la prochaine séance, le dépôt des prototypes pour placer le témoin n° 13 dans le vide.....	103,104
Deuxième Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux .....	104,105
Fixation à 200 <sup>fr</sup> du prix des étalons décimétriques, et résolution que le Bureau ne construira plus de ces étalons après la série actuellement en préparation, mais en confiera la construction à des mécaniciens, en se réservant la vérification.....	105

	Pages.
Décision de participer à l'Exposition universelle par la série complète des publications, accompagnée de photographies des principaux instruments et appareils, et de demander au Gouvernement français d'y joindre des exemplaires de ses prototypes du mètre et du kilogramme en platine iridié.....	106
Décision de publier les Tomes XII et XIII des <i>Travaux et Mémoires</i> le plus tôt possible.....	106
Autorisation pour le Bureau de publier les études sur le thermomètre à résistance électrique, en commun avec l'observatoire de Kew et dans les deux langues.....	106, 107
Adoption de la proposition Thalén de joindre aux kilogrammes révisés une note indiquant les résultats.....	107
Second Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.....	108-110
Après discussion, le Comité adopte à l'unanimité les conclusions de ce Rapport et approuve le projet de budget pour chacun des exercices de 1900 et 1901.....	110
Le Comité alloue, en outre, comme crédits extraordinaires : 5000 <sup>fr</sup> pour le perfectionnement des balances, et 3000 <sup>fr</sup> pour les thermomètres à résistance électrique.....	110
Le Bibliothécaire est autorisé à prélever sur le dépôt un exemplaire des Tomes I et II des <i>Travaux et Mémoires</i> pour l'échange avec la <i>Philosophical Society</i> de Cambridge, et les Membres du Comité sont priés de s'informer si des exemplaires de ces deux Tomes, devenus très rares, pourraient être rachetés... ..	110, 111
Deuxième Communication de M. Guillaume sur la théorie des phénomènes constatés dans les études de l'acier-nickel ( <i>voir</i> Annexe III).....	111
<i>Procès-Verbal de la cinquième séance, du 27 avril 1899</i> .....	113-120
Communication de M. Guillaume sur une page d'histoire de la thermométrie.....	113-114

	Pages.
Ouverture du dépôt des prototypes, et sortie du Mètre n° 13, qui est trouvé en parfait état.....	115
Communication de M. Michelson sur une nouvelle méthode de tracer et d'observer les divisions de précision ( <i>voir</i> Annexe IV).....	115
Discussion sur cette méthode, qui sera expérimentée au Bureau .....	115, 116
Inspection par le Comité des salles d'observation et de l'atelier, et, en particulier, examen de la machine à diviser et des installations pour la construction des étalons décimétriques.....	116
Le Comité alloue une gratification de 500 <sup>fr</sup> au mécanicien M. Huetz.....	117
Discussion et résolution concernant la station de pendules à créer au Bureau. L'acquisition d'un comparateur vertical est décidée en principe et le Bureau est chargé des études d'exécution ....	117-120
<i>Procès-Verbal de la sixième séance, du 29 avril 1899</i> .....	121-140
Le Procès-Verbal d'ouverture du dépôt des prototypes est ratifié par le Comité .....	121, 122
Le témoin n° 13, enfermé dans son tube, est mis sous les yeux du Comité, qui constate que, depuis vingt-quatre heures, l'étanchéité a été complète. On décide de continuer pendant quelques jours la lecture du manomètre, et l'on charge le bureau avec le Directeur de renfermer ce témoin dans le dépôt.....	122
Procès-Verbal de fermeture du dépôt.....	123
Le Comité accepte la motion de M. Arndtsen de procéder désormais, dans chaque session, à l'ouverture du dépôt des prototypes. ....	124
Le Comité adopte, après discussion, et avec quelques amendements, le projet du programme présenté par M. le Directeur pour les travaux à exécuter au Bureau pendant le prochain exercice.....	124-127
Le Directeur est autorisé à nommer un second aide, s'il le juge nécessaire.....	127
On décide de joindre, comme annexes à un Volume des <i>Procès-Verbaux</i> , la collection de	

	Pages.
toutes les décisions scientifiques prises jusqu'à présent, et, en outre une liste de toutes les publications.....	128
M. Foerster se charge de préparer, pour l'exposition du Comité, la collection des lois et règlements sur les Poids et Mesures dans les différents pays .....	128, 129
Discussion sur la Caisse de retraite et le fonds de réserve.....	130
Texte du projet de Règlement concernant cette création et mis en circulation, en avril 1898, parmi les Membres du Comité .....	130-133
Après des explications du Président sur les ressources de la Caisse, spécifiées dans l'article 4, le Comité approuve le projet, et, sur la proposition de M. de Macedo, il est décidé de soumettre le Règlement à la ratification de la Conférence générale de 1901, après avoir prié les Gouvernements de munir leurs Délégués des instructions nécessaires.....	133, 134
Communication du Directeur sur les résultats obtenus sur la constance des deux premiers kilogrammes (suédois et norvégien) soumis à la revision.....	135
Discussion sur les moyens par lesquels le Comité pourrait concourir à l'unification des pas de vis métriques. L'étude de cette question sera comprise dans le programme des travaux du Bureau.	136, 137
Le bureau du Comité est autorisé à reprendre les négociations avec le Brésil en vue de son adhésion à la Convention du Mètre.....	137
Discussion sur la réunion du Comité en 1900. Le bureau est chargé de provoquer, par correspondance, au printemps prochain, la décision du Comité à cet égard .....	138, 139
Le Président, au nom du Comité, remercie le Directeur et ses Adjointes pour leur activité infatigable et l'esprit scientifique qui a présidé à leurs travaux.....	139
Clôture de la session .....	140

	Pages.
<i>Annexes</i> .....	143-184
Annexe I.....	143-156
Annexe II.....	157-160
Annexe III.....	161-179
Annexe IV.....	181-184

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

