

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES.

PROCÈS-VERBAUX

DES

SÉANCES DE 1897.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—
1897

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

PROCÈS-VERBAUX
DES SÉANCES DE L'ANNÉE 1897.

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL,

Mardi 13 avril 1897,

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, BENOÎT, DE BODOLA, CHANEY, HEPITES, HIRSCH,
VON LANG, DE MACEDO, MENDELEEFF, THALÉN.

La séance est ouverte à 2^h 45^m.

M. le PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à ses Collègues et les remercie d'être venus en si grand nombre à Paris, de sorte que la condition fixée par le Règlement pour délibérer valablement se trouve plus que remplie. Il déclare donc ouverte la session de 1897.

Avant d'aborder les questions à l'ordre du jour, M. le Président tient à rendre hommage au grand mérite et aux

importants travaux des deux éminents Collègues, le D^r B.-A. GOULD et le professeur FERRARIS, que le Comité a eu la douleur de perdre depuis la dernière session.

M. FOERSTER prononce dans les termes suivants les éloges de ces regrettés savants.

Dr. B.-A. GOULD.

BENJAMIN-APTHORP GOULD est né le 27 septembre 1824 à Boston. Après avoir terminé, en 1844, ses études de Mathématiques et de Physique au Harvard College, Gould est venu, en 1845, en Europe, pour s'occuper d'Astronomie aux Observatoires de Greenwich, Paris, Berlin, Altona, Gotha et Göttingen, et pour suivre les cours d'Astronomie aux Universités de Berlin et de Göttingen, où il a résidé le plus longtemps. Après trois ans d'études et après avoir fait son doctorat à la Faculté des Sciences de Göttingen, Gould retournait, en 1848, dans son pays.

Le jeune savant américain, plein d'enthousiasme pour le développement scientifique de sa patrie, doué d'une nature aimable et spirituelle, possédant les formes du monde, se fit remarquer, à cette époque où de pareilles personnalités de l'étranger étaient encore rares aux Universités allemandes, et eut le bonheur d'entrer en relations amicales avec de nombreux hommes célèbres. Alexandre de Humboldt, Gauss, Encke et d'autres sont devenus et restés ses amis, et ont continué par correspondance leurs rapports avec lui après qu'il fut rentré en Amérique. Cette introduction dans les hautes sphères scientifiques est devenue d'une grande importance pour le développement d'esprit de Gould et pour son influence dans sa patrie.

Bientôt après son retour, Gould fonda, en 1849, à Boston, l'*Astronomical Journal*, qui a exercé la plus heureuse action sur le développement réjouissant de l'Astronomie aux États-Unis. Lorsque éclata la guerre civile, pendant laquelle Gould, avec un dévouement complet, a accompli ses devoirs patriotiques dans différentes positions, il cessa, en 1861, la publication de son journal scientifique. Mais quand, plus tard, après avoir achevé, pendant quinze ans, sa grande œuvre astronomique dans l'Amérique du Sud, il fut revenu dans son pays, Gould reprit, en 1885, la publication de l'*Astronomical Journal*; non seulement il l'a gardée jusqu'à sa mort, mais il a

pris les mesures nécessaires pour assurer la continuation de cet organe de l'Astronomie américaine, qui avait acquis une grande importance scientifique.

L'auteur de ces lignes a eu le bonheur de faire, à l'observatoire de Berlin, la connaissance du jeune rédacteur du Journal astronomique après son premier retour en Allemagne, en 1855. Ce voyage de Gould avait été occasionné par une des premières de ces grandes dotations en faveur de l'Astronomie, provoquées aux États-Unis en grande partie par l'influence de Gould. Il venait, en effet, de recevoir la mission de commander, en Europe, les instruments pour le grand observatoire qu'on allait créer à Albany au moyen de ressources privées. Nous fûmes frappés par la hauteur des vues et la sûreté des connaissances que le jeune astronome déployait déjà à cette époque dans l'accomplissement de cette tâche.

Malheureusement, la réussite de cette entreprise, comme de plusieurs autres projetées ou commencées par Gould, ne répondit pas entièrement aux espérances. Ici encore, il a fallu, avec bien des déceptions et des douleurs, préparer d'abord le sol pour la haute culture au moyen de la persévérance infatigable des idéalistes de la trempe de Gould. Ensuite, est venue la grande interruption causée par la guerre civile. Presque immédiatement après le rétablissement de la paix, Gould a entrepris (en 1865-1866) la rédaction et la publication du riche trésor, non encore utilisé, des positions d'étoiles dues aux séries d'observations faites par d'Argelet, à Paris, à la fin du XVIII^e siècle. Ce grand ouvrage, parfaitement dirigé, fait déjà reconnaître la maîtrise spéciale dans l'organisation et l'exécution des vastes travaux astronomiques, dont Gould a fait preuve plus tard si brillamment pendant son activité sur l'hémisphère austral. Ces mêmes qualités se retrouvent aussi dans la première détermination télégraphique de différence de longitude que Gould a entreprise à la même époque, après la pose du premier câble transatlantique, au service du Coast-Survey de l'Amérique du Nord.

Dans les années suivantes, Gould s'est occupé des mesures exactes des levés photographiques des Pléiades et de la Præsepe, exécutés par M. Rutherford. Dans cette voie, Gould a été un véritable initiateur, qui comprit la grande valeur de ces nouvelles méthodes pour fixer les positions célestes, longtemps avant qu'elle fût reconnue en Europe et dans le reste du monde astronomique.

Tous ces travaux avaient préparé Gould à se vouer à la tâche qui le préoccupait depuis longtemps, de déterminer en grand les posi-

tions des étoiles de l'hémisphère Sud. Ses relations personnelles avec l'ancien ministre de la République Argentine à Washington, qui fut plus tard le Président de cette République, M. Sarmiento, ont permis la réalisation de ce projet. On créa un observatoire à Cordova, dans l'Argentine, et l'on en remit à Gould l'organisation et la direction.

Gould a exécuté dans cet observatoire, pendant quinze ans, à partir de 1870, des travaux grandioses, par lesquels nos connaissances des positions et des mouvements des astres du Ciel austral ont été élargies et précisées, comme on n'aurait pu l'espérer que par la coopération d'un grand nombre d'astronomes et d'observatoires.

Il ne conviendrait pas d'entrer ici dans les détails de cette énorme masse de travaux astronomiques. Nous approchons du moment où Gould, grâce à la grande position scientifique et personnelle qu'il avait acquise dans son nouveau pays d'activité, a paru, comme représentant distingué de ce pays, au sein du Comité international des Poids et Mesures.

Lorsque, en 1879, s'est produite une vacance dans le Comité, celui-ci l'a choisi comme représentant des États de l'Amérique du Sud faisant partie de la Convention du Mètre, ou de leurs intérêts scientifiques dans l'organisation fondamentale de l'art des mesures et des pesées. Il accepta avec plaisir cette élection; car, abstraction faite du grand intérêt qu'il portait aux travaux de notre Institution internationale, par suite de ses mensurations des levés photographiques du Ciel et des mesures météorologiques et géophysiques qu'il avait dirigées à Cordova, Gould avait saisi depuis longtemps l'importance que le développement remarquable de notre Institution internationale devait avoir pour l'introduction, qu'il désirait vivement, du système métrique dans sa patrie de l'Amérique du Nord.

Aux grandes fatigues et privations que son séjour à Cordova lui imposa, sont venus s'ajouter finalement les plus affreux malheurs. Par suite de pluies torrentielles dans les montagnes, une crue subite des cours d'eau enleva à notre ami Gould deux de ses jeunes filles qui se baignaient dans la rivière près de la maison paternelle. Peu de temps après ce terrible accident, la mort lui a ravi son excellente épouse, qui avait toujours été la confidente entendue et bienveillante de tous ses projets et travaux, et à laquelle il a laissé un monument des plus touchants, en lui dédiant l'un de ses catalogues d'étoiles.

Malgré ces douloureuses épreuves, Gould n'a pas voulu quitter son poste avant d'avoir assuré, par la formation et l'installation de suc-

cesseurs capables, la continuation de son œuvre astronomique et géophysique dans son pays d'adoption, et avant d'avoir avancé ses propres travaux au point de pouvoir terminer chez lui tout ce qui restait à publier. Il y est parvenu si bien que le dernier des quinze volumes de ses observations méridiennes a pu passer encore tout imprimé devant ses yeux, et que les mensurations et calculs se trouvent complètement assurés pour les 1400 clichés photographiques sur lesquels il avait relevé les amas d'étoiles du Ciel austral.

Lorsque, en 1885, Gould quitta Cordova pour retourner à Boston, il déposa consciencieusement son mandat de membre du Comité international, où il s'était considéré comme représentant des intérêts scientifiques de l'Amérique du Sud. Nous l'avons nommé immédiatement membre honoraire du Comité. Et lorsque, plus tard, le membre des États-Unis, M. Hilgard, fut obligé de se retirer pour des raisons de santé, le Comité n'a pas tardé à choisir, comme représentant des intérêts scientifiques de l'Amérique du Nord, notre ancien Collègue, qui avait fait ses preuves au sein du Comité, et qui, bientôt après le retour dans son pays, s'était mis à la tête du mouvement pour l'introduction du Système métrique dans les États-Unis.

De tout ce que Gould, depuis sa réélection jusqu'à sa mort, a fait pour notre œuvre internationale, de tout ce que ce noble collègue et ami, dont le commerce était plein d'inspirations fructueuses, a été pour nous, chacun conserve le pieux souvenir au plus profond de son cœur. Je me borne à constater ici que le Comité doit à son initiative et à son efficace appui les travaux fondamentaux de M. Michelson sur la relation entre l'unité des mesures et les longueurs d'ondes lumineuses, et sur la détermination du rapport entre les unités de volume et de masse, travaux qui constituent la gloire du Bureau international des Poids et Mesures et des savants distingués qui y sont attachés.

Il ne nous appartient pas de rendre compte ici avec détail de la haute situation que Benjamin Apthorp Gould a acquise dans l'Astronomie de tous les temps et de tous les pays, et du grand rôle qu'il a joué dans toute la culture scientifique, intellectuelle et sociale de sa patrie, grâce à sa longue activité, pleine de labeur et soutenue par les plus purs idéals. De tous les côtés, des voix se sont élevées pour considérer le jour de sa mort, le 26 novembre 1896, comme un jour de deuil général, et le consacrer comme une grande date dans l'histoire de la science.

Pour ses amis et en particulier pour ses collègues du Comité

international des Poids et Mesures, la mémoire de Gould restera ineffaçable, comme celle d'un vrai modèle de grandeur, de noblesse et de modestie humaines, inspiré par le plus pur enthousiasme pour la vérité et animé de la plus sincère et touchante bonté de cœur.

GALILEO FERRARIS.

Le 7 février 1897 est mort, à Turin, le physicien distingué qui, en automne 1895, avait été nommé, par la seconde Conférence générale, Membre du Comité international des Poids et Mesures, et qui a été, pour un temps trop court, hélas ! notre Collègue honoré.

GALILEO FERRARIS est né le 3 octobre 1847 à Livourne ; il a fait ses études à l'Université de Turin, où il a subi également l'examen d'Ingénieur, après lequel il fut nommé Assistant du professeur Codazza, au Musée industriel de cette ville. Sa première publication, contenant un travail sur la théorie mathématique de la propagation de l'électricité dans les corps solides homogènes, lui valut le titre de Docteur et attira sur lui l'attention du monde savant.

En 1878, Ferraris fut nommé professeur extraordinaire et, l'année suivante, professeur ordinaire à ce Musée technique de Turin, auquel il est resté fidèle jusqu'à sa mort, malgré plusieurs appels qu'il reçut du dehors. Dans les années de 1886 et 1887, il organisa à Turin l'École d'Ingénieurs électrotechniciens, qui fut le premier Institut de ce genre en Italie. Déjà, depuis 1881, Ferraris avait pris part, comme délégué officiel du Gouvernement italien, à toutes les expositions et congrès internationaux d'électrotechnique ; il s'y est toujours montré un collaborateur des plus distingués.

Le développement scientifique et l'activité littéraire de Galileo Ferraris ont été appréciés dignement et avec pleine justice, dans le discours commémoratif que notre excellent Collègue, M. le Professeur Blaserna à Rome, lui a consacré dans l'assemblée de l'*Accademia dei Lincei* le 7 mars 1897. Il m'a été permis d'emprunter à cette nécrologie les lignes principales de la noble figure du savant que nous avons malheureusement perdu.

Le premier grand ouvrage de Ferraris a paru en 1877 et a été, en 1879, traduit en allemand sous le titre : *Propriétés fondamentales des instruments dioptriques* ; il témoignait déjà d'un esprit scientifique supérieur ; bien qu'il ne contint pas encore de découvertes nouvelles, il est, au point de vue de la forme, d'une grande valeur originale. Ce livre a été très précieux, pour tous les cours de Dioptrique,

par le résumé complet et clair des meilleurs travaux dioptriques du passé, qu'on y trouve développés; il est même devenu un véritable *Vade-mecum* pour la métrologie exacte et pour l'emploi microscopique ou télescopique de systèmes de lentilles aux mesures oculaires ou graphiques de précision.

Les travaux importants que Ferraris a ensuite publiés concernent les transformateurs et générateurs secondaires électriques, imaginés vers 1884 par Gaulard et Gibbs, et servant à transmettre l'énergie électrique à grandes distances, par des courants à haute tension, et à les retransformer pour les emplois pratiques, en courants à faible tension.

Ce fut Ferraris qui, à l'occasion de l'Exposition électrique internationale de Turin (en 1884), a, le premier, soumis ces nouveaux phénomènes à l'examen mathématique, et qui a ainsi grandement assuré la sécurité et le perfectionnement de leur emploi, tout en ouvrant des vues profondes sur la théorie de l'ensemble de ces faits intéressants. De cette manière, il a contribué beaucoup au remarquable développement de toute cette branche récente de la théorie et de la technique électriques.

Bientôt Ferraris s'est fait remarquer aussi directement comme inventeur dans l'Électrotechnique, lorsque, sur la base de ses recherches mathématiques des rapports intimes de ces phénomènes, il créa son électromoteur à courants alternatifs avec champs magnétiques en rotation. La valeur technique de cette combinaison, sur laquelle Ferraris a peut-être porté un jugement trop modeste, est loin d'être complètement utilisée; pour bien des applications rotatoires, dans des buts scientifiques ou pratiques, l'idée de Ferraris sera probablement encore d'une grande productivité.

De même, on ne peut méconnaître l'importance théorique et pratique des recherches et des propositions de Ferraris au sujet de l'emploi des courants *polyphasés* pour la transmission des forces mécaniques, et des courants dits *monophasés* pour l'éclairage électrique. Il faut reconnaître comme particulièrement ingénieuses les dispositions de Ferraris destinées à distribuer, dans une partie du réseau, des courants polyphasiques pour les moteurs ou, suivant les besoins, des courants monophasiques pour la lumière. Avec ces recherches et inventions, Ferraris était déjà arrivé à une puissance d'esprit qui a doté notre époque de bienfaits de premier ordre, et qui faisait espérer bien davantage encore.

C'est précisément l'originalité avec laquelle Galileo Ferraris a mis

son génie mathématique au service des applications pratiques, qui restera comme un modèle de grande valeur, ainsi que notre illustre collègue Blaserna l'a exposé avec une force difficile à rendre dans un court résumé.

Au milieu de toutes ces conceptions, qui rappellent involontairement le grand génie dont il portait le prénom, au milieu de cette richesse de découvertes que nous lui devons, la mort impitoyable est venue nous ravir Ferraris, avant qu'il ait accompli la cinquantième année de sa vie.

Sans doute, s'il eût vécu, ce puissant esprit aurait rendu également les plus grands services à la tâche générale que notre Institution internationale est appelée à accomplir dans l'intérêt des sciences exactes.

Soyons reconnaissants pour toutes les acquisitions précieuses dont l'humanité lui est redevable; soyons reconnaissants aussi de ce qu'il nous a été donné de voir parmi nous, ne fût-ce que pour peu de temps, cet homme supérieur et cependant si simple, dont l'aimable personnalité ne s'effacera pas de notre mémoire.

Nous serons encouragés et fortifiés en sachant que Ferraris aussi était rempli d'enthousiasme pour la mission que notre Institution internationale exerce en faveur de la culture scientifique et technique de l'humanité.

Entrant dans l'ordre du jour de la session, dont il constate l'importance, aussi bien en raison des progrès réjouissants accomplis dans l'œuvre internationale, que par les intéressants sujets sur lesquels le Comité devra délibérer, **M. le PRÉSIDENT** invite le Secrétaire à rendre compte de la gestion du bureau du Comité depuis la dernière session.

Le **SECRETARE** complète tout d'abord les données contenues dans la circulaire de convocation du 1^{er} mars, au sujet de la consultation du Comité sur le changement à apporter à l'époque des sessions. Le vote provoqué à cet égard par la circulaire du 3 novembre 1896 a eu pour résultat définitif que onze membres ont accepté l'époque du printemps. Comme **M. Mendeleeff**, qui déclare ne pas avoir reçu la circulaire, vient d'annoncer qu'il donne également la préférence aux sessions de printemps, et que **M. Bertrand** a

émis le même avis dans une lettre récente au Secrétaire, le nombre total des adhésions est donc de treize; un seul membre, M. d'Arrillaga, aurait préféré voir conserver les réunions d'automne, attendu qu'en Espagne il n'y a pas de vacances de Pâques; et en effet le Comité a le regret de constater son absence.

Les Membres du Comité ont reçu communication des deux Rapports spéciaux financiers que le bureau a adressés aux Gouvernements dans le courant de 1896, et dont le premier concerne essentiellement l'exercice de 1895, tout en contenant déjà quelques données sur les premiers mois de l'année suivante, tandis que le second, daté du 7 novembre 1896, expose, entre autres, les propositions que la Conférence générale et le Comité ont décidé de soumettre aux Hauts Gouvernements, concernant l'emploi des ressources devenues disponibles par la rentrée des contributions arriérées, en vue de la création d'une caisse de retraite et d'assurance pour les fonctionnaires du Bureau, ainsi que d'un fonds de réserve pour l'administration de l'Établissement international.

Au sujet de ces propositions, le bureau n'a reçu jusqu'à présent des réponses que de quelques Gouvernements :

L'*Italie* s'est bornée à envoyer le 27 novembre un accusé de réception.

La *France*, par dépêche du Ministère des Affaires étrangères, en date du 4 décembre, a annoncé que le projet était remis à M. le Ministre du Commerce, avec prière de faire connaître son appréciation. Nous attendons la communication de cet avis, que la dépêche de M. Hanotaux a fait espérer.

La Légation du *Mexique*, par dépêche du 8 décembre, a fait savoir que le Gouvernement mexicain donne son approbation aux décisions de la Conférence, relatives à l'emploi des arriérés remboursés par la Turquie et le Pérou, et spécialement à ce qu'une partie en soit destinée à la création d'une caisse de retraite et d'un fonds de réserve.

L'*Espagne*, par dépêche du 2 février 1897, a annoncé

que le Gouvernement Royal approuve le projet exposé dans le dernier Rapport spécial, c'est-à-dire que 25000^{fr} des arriérés rentrés soient destinés à la formation d'une caisse de retraite pour les employés du Bureau. La dépêche ajoute « que les charges qui incombent à la nation espagnole ne lui permettent pas de faire dans le présent, ni pour l'avenir, de plus grands sacrifices dans un but aussi louable ».

La *Belgique*, par dépêche du 17 février 1897, approuve en principe l'idée émise; toutefois, avant de se prononcer définitivement, le Gouvernement croit devoir attendre que le plan de cette caisse soit élaboré et soumis à son examen, et qu'il lui soit donné l'assurance que l'établissement de ces deux institutions ne majorera pas sensiblement la cotisation de la Belgique.

En attendant de connaître les intentions des autres Gouvernements, le bureau du Comité, conformément à la mission qu'il avait reçue, n'a pas manqué de s'occuper du problème de la caisse de retraite. Ainsi, M. Hirsch a cru devoir consulter M. Lubine, mathématicien spécialiste attaché au Département fédéral de l'Intérieur, à Berne, pour les études d'assurances. Après discussion, dans une entrevue à Neuchâtel, des conditions spéciales du projet, l'expert suisse a promis d'étudier à fond la question et d'en faire l'objet d'un rapport qui a en effet été remis au mois de janvier au Secrétaire, et ensuite communiqué à M. le Président. Ce rapport est maintenant à la disposition des Membres du Comité. Sans vouloir préjuger la décision de ce dernier, il semble au Secrétaire que les arguments invoqués par l'expert contre l'établissement, par le Comité lui-même, d'une caisse de retraite spéciale, dans les conditions prévues, méritent la plus sérieuse considération, attendu que les ressources très limitées dont cette caisse disposerait risqueraient fort d'être impuissantes à remplir ses obligations si, par un malheureux hasard, un certain nombre des assurés se trouvaient, à un moment donné, dans le cas de bénéficier des pensions promises, ce qui

pourrait se produire avec un nombre aussi restreint d'assurés, pour lesquels on n'a pas le droit de compter sur la compensation des grands nombres, qui est la base des calculs d'assurances. Sauf meilleur avis, M. Hirsch incline à penser, comme M. Lubine, que la solution la plus prudente serait d'assurer les fonctionnaires du Bureau auprès d'une ou plusieurs Compagnies solidaires, avec la coopération efficace du Comité, qui ajouterait aux primes à verser par les fonctionnaires intéressés, non seulement le capital de 25000^{fr} disponible, mais encore une contribution annuelle à fixer. M. Hirsch pense, du reste, qu'il serait pratique de charger de l'étude de toutes ces questions la Commission des Finances qui va être nommée aujourd'hui, en la priant de soumettre des propositions formelles au Comité dans une des prochaines séances.

Dans le dernier Rapport spécial aux Gouvernements, ainsi que dans la circulaire du 3 novembre aux Membres du Comité, le bureau, qui s'était rendu au mois d'octobre dernier à Breteuil, pour inspecter l'Établissement international, a eu la satisfaction de pouvoir déclarer qu'il a trouvé l'administration irréprochable et les comptes dans un ordre parfait, ainsi que le Comité est habitué à le constater, grâce à la direction énergique et prudente de M. Benoît.

En ce qui regarde la rentrée des *contributions*, le Secrétaire informe le Comité que, jusqu'au moment actuel, les contributions pour l'exercice de 1896 ont été versées par les quinze États suivants : Allemagne, Belgique, Espagne, France, Grande-Bretagne, Italie, Japon, Mexique, Pérou, Roumanie, Russie, Suède et Norvège, Suisse, États-Unis d'Amérique et Autriche-Hongrie, tandis que les quatre États suivants sont en retard : *République Argentine, Danemark, Portugal et Serbie*, de sorte que la somme des arriérés, sur l'exercice de 1896, est de 2515^{fr}. Le bureau ne tardera pas à adresser aux Gouvernements des quatre États retardataires la prière de bien vouloir verser ces

contributions pour l'exercice de 1896, échues maintenant depuis plus d'une année (1).

Pour l'exercice courant, soit de 1897, le bureau a reçu jusqu'à présent avis, de la part du Ministère des Affaires étrangères de France, de 4 versements opérés par la Suède et Norvège, la Suisse, l'Italie et le Japon.

M. le PRÉSIDENT remercie le Secrétaire de son Rapport et demande aux Membres s'ils ont des observations à présenter.

M. BENOÎT ayant fait remarquer que la liste des versements, qu'il reçoit de temps à autre de la Caisse des Dépôts et Consignations, comprend quelquefois des versements qui n'ont pas été annoncés au Président du Comité par le Ministère des Affaires étrangères, le SECRÉTAIRE pense que ce fait provient de ce que des Légations ou Ambassades, n'ayant pas recours à l'intermédiaire du Ministère des Affaires étrangères de France, prévu par la Convention, payent leurs contributions directement à la Caisse des Dépôts et Consignations.

M. DE MACEDO annonce au Comité qu'il fera des démarches afin que la contribution du Portugal, pour l'exercice de 1896, rentre sans plus de retard; quant à la contribution de l'exercice courant, elle ne pourra être versée qu'après l'ouverture de la nouvelle année budgétaire qui, en Portugal, a lieu le 1^{er} juillet.

Au sujet des intentions des Gouvernements concernant la création d'une Caisse de retraite, plusieurs Membres du Comité déclarent être en mesure de fournir des renseignements.

M. VON LANG peut donner l'assurance qu'en principe le Gouvernement autrichien est favorable au projet.

(1) Les lettres en question sont parties le 16 avril.

M. DE BODOLA explique que le Gouvernement de Hongrie n'a pas cru nécessaire de renouveler, par une dépêche spéciale, l'adhésion que son délégué avait été autorisé à faire connaître à la Conférence générale de 1895.

M. MENDELEEFF croit savoir que le Comité recevra prochainement la réponse du Gouvernement impérial de Russie, approuvant en principe cette création.

M. FOERSTER donne la même assurance quant à l'Allemagne.

M. HEPITES informe le Comité que la lettre d'adhésion de la Roumanie, à toutes les propositions de la Conférence, a été transmise, il y a quelques mois, par le Département du Commerce et de l'Agriculture au Ministère des Affaires étrangères de Bucharest. **M. Hepites** ne manquera pas de demander des renseignements, à cet égard, auprès de la Légation roumaine, à Paris.

M. DE MACEDO croit savoir que le Gouvernement portugais est animé des meilleures dispositions pour approuver en principe la création d'une Caisse de retraites, tout en désirent connaître les intentions des autres États intéressés.

M. le PRÉSIDENT est heureux de constater, d'après ces indications, que le nombre des Gouvernements qui se sont déjà déclarés favorables à l'emploi des fonds disponibles, proposé par la Conférence, va toujours en augmentant, de sorte qu'on peut espérer que cette importante création pourra bientôt entrer dans la voie de la réalisation, lorsque le Comité sera en mesure de soumettre aux Gouvernements des propositions définitives.

M. le PRÉSIDENT invite ensuite **M. le Directeur** à communiquer son Rapport réglementaire sur la gestion et les travaux du Bureau international, en réservant, au besoin, l'audition de la dernière partie de cet important document à la prochaine séance.

M. BENOÎT donne lecture du Rapport suivant :

RAPPORT SUR L'EXERCICE 1895-1896.

I. — Personnel.

Les seuls changements que j'aie à signaler dans le personnel du Bureau, depuis la dernière session du Comité, se rapportent au remplacement de M. Ozenne, notre ancien Aide. M. Gollicz, que nous avons engagé en premier lieu, après le départ de cet excellent fonctionnaire, comme je l'ai dit dans mon précédent Rapport, est retourné à l'étranger à la fin de 1895. Nous l'avons remplacé d'abord par M. Hann, ingénieur des Arts et Manufactures, jeune homme intelligent et instruit, qui, malheureusement, n'avait accepté cette situation qu'à titre provisoire, et nous a quittés, après sept mois, pour entrer dans l'industrie. Nous avons alors engagé, à sa place, M. Louis Maudet, qui, entré en fonctions, d'abord comme calculateur et avec des émoluments réduits, au commencement de septembre dernier, nous a donné, jusqu'à présent, pleine satisfaction, et, j'espère, nous restera comme Aide définitivement.

II. — Bâtiments.

Dans sa session de 1895, le Comité, après examen de l'état de nos bâtiments et sur la proposition de sa Commission des Comptes et des Finances, avait décidé qu'il y avait lieu de faire procéder sans retard (en dehors des travaux inévitables d'entretien ordinaire, auxquels suffit à peu près le crédit régulier qui, dans notre budget, leur est affecté normalement chaque année) à deux réparations spéciales, pour lesquelles il avait voté un crédit extraordinaire de 2300^{fr} (*Procès-verbaux* de 1895, p. 86). Il s'agissait d'abord de refaire à neuf le trottoir bitumé qui entoure le bâtiment de l'observatoire, et est, depuis longtemps, dans un état de délabrement complet; en deuxième lieu, de repeindre les boiseries extérieures du bâtiment annexe (ancien bâtiment des communs), qui n'ont pas subi cette opération depuis l'origine, c'est-à-dire depuis une vingtaine d'années. Malheureusement, ces réparations, bien que jugées alors *indispensables*, ont dû céder le pas, une fois de plus, à une autre réparation imprévue, et présentant un caractère d'urgence immédiate,

absolue et impérieuse. Celle-ci a consisté dans la réfection de la fosse du bâtiment annexe. Cette fosse avait été établie dans les conditions les plus défectueuses. Complètement enclavée au milieu de la construction, ayant sa voûte à 1^m,50 environ de profondeur au-dessous du niveau du sol de l'étage inférieur, recouverte par une épaisse couche de terre et de maçonnerie, sans cheminée d'aérage, sans regard, ni ouverture, ni communication quelconque pouvant y donner accès de l'extérieur et permettre la vidange et le nettoyage, elle était si parfaitement cachée et inabordable que son existence même nous était inconnue, et que, à la suite d'un examen et d'essais de sondage faits par des ouvriers spéciaux, peu après notre prise de possession du Pavillon de Breteuil, on avait conclu que toutes les évacuations de ce bâtiment devaient se faire par un égout, que l'on supposait devoir vraisemblablement se raccorder, en dessous de nos terrains, avec les égouts généraux du pays. La trompeuse sécurité dans laquelle nous avons vécu à cet égard a pu durer près de vingt ans, par suite de ce fait que la fosse, qui existait en réalité, était une fosse *perdue*, c'est-à-dire non cimentée et non étanche. Pendant cette période, elle avait donc filtré les matières qu'elle avait reçues, laissant suinter les liquides au travers de ses parois, imprégnant d'une boue fétide les fondations du bâtiment et les terrains environnants, et accumulant les matières solides, qui ont fini par la remplir *entièrement*. Cette découverte, à laquelle nous sommes arrivés après avoir constaté des fuites nauséabondes dans l'épaisseur des plafonds, enlevé le parquet au rez-de-chaussée et creusé jusqu'à la voûte, nous a donné l'explication, au moins partielle, de l'humidité persistante et malsaine qui a toujours régné dans cette partie de nos bâtiments, et des émanations désagréables qui en ont souvent incommodé les habitants. Il a fallu procéder d'abord au curage et au nettoyage de la fosse; enlever les matières qu'elle contenait, les transporter et les enfouir dans de larges et profonds fossés que nous avons creusés dans ce but dans une partie convenablement choisie de notre parc; enfin construire une fosse nouvelle, avec des dispositions propres à mettre à l'abri, pour l'avenir, d'éventualités qui devaient inévitablement se produire tôt ou tard, et auraient pu être prédites à coup sûr, avec les dispositions existantes. Je n'ai pas à insister ici sur les détails de ces opérations. Mais on peut deviner aisément à quels ennuis et désagréments de toutes sortes elles ont dû donner lieu, dans le plein milieu d'un bâtiment habité par plusieurs familles; et aussi quelles

difficultés y a ajoutées la disposition de l'emplacement dans lequel il a fallu les faire, emplacement resserré, malaisément accessible, n'ayant pour tout dégagement qu'un long et étroit couloir, enfin à peine éclairé et à peine aérable. J'ai eu recours, dans ces circonstances, aux bons offices de M. Ozanne, l'architecte des services duquel nous n'avions eu qu'à nous louer lors de la grande réparation de consolidation que nous avons dû faire, il y a trois ans, à l'extrémité nord de notre Pavillon. Conformément au projet dressé par lui, on a construit une fosse cimentée et étanche, communiquant, par une tranchée creusée dans le mur de fondation, avec un puits, qui s'ouvre par un regard dans la petite cour voisine et permettra dorénavant la vidange par les procédés ordinaires.

Le coût de cette réparation a été le suivant :

Curage de la fosse, transports, etc.....	fr 259,50
Maçonnerie.....	1600,00
Menuiserie, dépose et pose de parquets, etc....	50,25
Honoraires de l'architecte.....	80,00
	<hr/>
	1989,75

Il reste encore à solder une note de tuyauterie et plomberie.

Comme on le voit, les crédits supplémentaires qui avaient été votés par le Comité, dans sa dernière session, pour réparations extraordinaires, se sont ainsi trouvés à peu près complètement absorbés par ces travaux imprévus mais absolument nécessaires. Dans ces conditions, je n'ai pas voulu engager de nouvelles dépenses, et il m'a paru préférable de renvoyer encore à plus tard des réparations qui, quoique fort utiles et désirables, sans aucun doute, n'avaient pourtant pas le caractère d'impérieuse urgence que présentait celle qui a été faite. Enfin, je ne puis abandonner ce sujet sans ajouter que, à la suite de cette expérience, j'ai quelques raisons de craindre que nous ne soyons exposés, dans le grand Pavillon aussi, à avoir, un jour ou l'autre, quelque surprise du même genre, et à être amenés à faire des travaux plus ou moins analogues. C'est ainsi que, d'une manière continue et de façon ou d'autre, nous restons et resterons encore longtemps exposés à subir des ennuis et des difficultés, et en plus à être obligés d'absorber presque chaque année une part regrettable des ressources dont nous pouvons disposer, dans des travaux d'arrangements, réparations ou réfections,

qui auraient pu nous être épargnés, sans aucun doute, si la restauration originelle de nos bâtiments avait été faite avec moins d'incurie et plus de conscience, par l'architecte qui en fut chargé le premier.

J'ai très peu de chose à dire à propos des travaux d'entretien ordinaire, qui se renouvellent chaque année, toujours à peu près de la même façon. Comme toujours, les réparations de nos toitures (qui sont, dans leur ensemble, fort mauvaises) et les travaux de fumisterie (mise en état des calorifères, etc.), y tiennent une place assez importante. Je signalerai cependant que j'ai pu faire construire, en imputant sur le crédit normal de ce compte la dépense nécessaire, un plancher coupant en deux la hauteur de la partie de l'ancien bâtiment des machines, dont le bas est occupé aujourd'hui par notre atelier de menuiserie. La hauteur de ce bâtiment, restée entière jusqu'ici, permettait aisément cette subdivision. Ce plancher, tout en améliorant notablement l'aménagement de l'atelier placé au-dessous, nous donne, à la partie supérieure, une grande salle, sorte de hangar ou grenier, auquel livre accès une porte placée en arrière, à mi-hauteur de la colline à laquelle est adossé le bâtiment. Cette salle nous est extrêmement utile, comme débarras général, pour remiser les échelles et outils divers, les provisions de planches, bois, fer ou matériaux quelconques, les caisses d'emballage, etc., etc., enfin tous les objets variés qui s'accumulent dans un établissement tel que le nôtre, qui souvent n'ont pas de destination immédiate, et que nous étions obligés, jusqu'à présent, faute de local disponible, ou bien de laisser encombrant soit nos ateliers, soit le vestibule et les couloirs de notre observatoire, ou bien d'abandonner à ciel ouvert, exposés, quelquefois non sans dommage, à toutes les intempéries. Cette petite amélioration dans nos installations, sans être d'une importance capitale, n'est pas aussi négligeable qu'on pourrait le croire au premier abord, et c'est pourquoi j'ai cru devoir en dire un mot.

III. — Machines et instruments.

Notre atelier de précision s'est enrichi, cette année, d'une nouvelle machine-outil, une *raboteuse à bras*, que nous avons pu acheter d'occasion, à des conditions exceptionnellement avantageuses. Cette machine, qui n'avait guère besoin que d'un nettoyage, et était en parfait état dans toutes ses parties, à l'exception de deux pignons d'engrenage, dont quelques dents étaient cassées et que nous avons dû remplacer, permet de raboter une longueur de 1^m,40. Elle nous

a déjà rendu de très nombreux services, particulièrement pour les études, dont j'aurai à parler plus loin, qui ont été faites sur les métaux et alliages propres à la confection des étalons métriques. Cette machine nous a coûté 500^{fr}.

D'autre part, nous venons d'entrer, tout récemment, en possession des deux grands instruments dont le Comité avait décidé l'acquisition dans sa séance du 17 septembre 1895, et qui ont été, l'un et l'autre, terminés il y a quelques semaines par leurs constructeurs respectifs.

Le premier de ces instruments est le comparateur automatique enregistreur, système du commandant Hartmann, pour la comparaison des étalons à bouts. Cet appareil, construit sur notre demande par la Section technique de l'Artillerie, est encore aujourd'hui dans les ateliers de cette Section, place Saint-Thomas-d'Aquin à Paris, où je suis allé l'examiner, vérifier son fonctionnement et le recevoir définitivement. Le temps seul m'a manqué, jusqu'à présent, pour le faire transporter à Breteuil; mais il va l'être incessamment, et le Comité pourra l'y voir installé avant la fin de la session. Ce nouveau comparateur présente, par rapport au modèle qui nous avait été prêté gracieusement par le Ministère de la Guerre (et qui est encore dans la salle IV de notre observatoire, d'où il sera enlevé le jour où l'autre viendra l'y remplacer), quelques modifications : d'abord, dans les dimensions du banc, qui permettent de mesurer jusqu'à des longueurs de 1^m; ensuite, dans un certain nombre de détails de construction, qui ont été mieux étudiés et perfectionnés, de manière à donner à l'instrument plus de délicatesse et de précision. Le prix de ce comparateur (1875^{fr}) a déjà été versé au Gouvernement français, par l'intermédiaire de la Caisse des dépôts et consignations, et imputé sur l'exercice de 1896.

Le second appareil est la machine à diviser, que nous avons demandée à la Société Genevoise, et qui nous a été livrée par celle-ci il y a quelques semaines. L'emplacement qui nous parut le plus favorable pour l'installer a été dans la salle V (Salle des grandes balances), où il restait encore un espace disponible, suffisamment étendu et bien approprié à cette destination. J'ai fait, en conséquence, construire dans le sous-sol, au-dessous de cette salle et à la place voulue, une forte fondation en maçonnerie et, sur cette fondation, deux piliers en briques et ciment, qui remontent au-dessus du parquet, sans le toucher, par deux ouvertures rectangulaires,

pratiquées dans celui-ci. C'est sur ces piliers que la machine a été montée, et soigneusement nivelée sur de fortes crapaudines de fonte.

Cette installation, pour laquelle on a dû attendre que la maçonnerie eût suffisamment séché, date de quelques jours à peine, de sorte qu'il ne nous a point encore été possible d'essayer sérieusement la machine. Il ne nous est donc pas possible non plus d'exprimer, dès à présent, un jugement définitif sur sa valeur, et en particulier d'apprécier le plus ou moins de perfection des divisions qu'elle est susceptible de tracer. Ce qu'on peut dire, sur un simple examen, c'est que la construction de ce bel instrument paraît avoir été remarquablement soignée et que ses dispositions, dont tous les détails avaient d'ailleurs été discutés d'avance entre la Société Genevoise et nous, paraissent propres à satisfaire, aussi bien que possible, aux conditions que nous nous étions proposées.

La vis, d'un fort diamètre et du pas de 1^{mm} , est assez longue pour pouvoir tracer, en une fois et sans arrêt ni reprise, la longueur entière de 1^{m} . Le support du tracelet, fixé une fois pour toutes en un point donné, ne se déplace plus, et c'est le chariot portant la règle à diviser qui glisse au-dessous de lui. L'écartement des divisions obtenues peut être modifié, par degrés insensibles, entre des limites étendues, au moyen d'un écrou correcteur, guidé par une coulisse que l'on règle à volonté, de manière à pouvoir, par exemple, tenir compte des dilatations différentes des matières sur lesquelles on opère, ou encore tracer une règle exacte, à volonté, à 0° ou à toute autre température. La queue de l'écrou principal est guidée par la tranche d'une règle contre laquelle elle appuie constamment, et les irrégularités accidentelles de la vis peuvent être corrigées par des courbures convenables données aux parties successives de cette tranche. La Société Genevoise nous a fourni une règle provisoire avec une courbe de correction approximative : l'un des premiers travaux dont je me propose de m'occuper actuellement consistera à poursuivre l'étude de la vis, et à perfectionner la courbe de correction jusqu'aux limites du possible.

Le support du tracelet porte un microscope à micromètre, invariablement lié avec lui, qui peut servir à faire un raccord, et permet par conséquent de tracer, avec une reprise, des longueurs supérieures à 1^{m} , et pouvant, au besoin, aller jusqu'à 2^{m} . J'ai demandé à la Société Genevoise d'ajouter un deuxième microscope semblable, mais monté sur un support indépendant du tracelet, et

capable de coulisser dans toute la longueur du bâti. Cette adjonction, qui permettra de faire de la machine une sorte de comparateur longitudinal, sera très utile dans bien des cas et, en particulier, pour l'étude de la vis elle-même. Ce second microscope est encore en construction et ne nous a point été livré.

La machine à diviser peut être conduite, si on le veut, à la main ; mais elle peut également, et c'est le mode de fonctionnement normal qui doit être prévu pour le cas général, marcher automatiquement à l'aide d'un moteur. Elle est munie, à cet effet, des organes de transmission nécessaires pour actionner, soit la tête de la vis elle-même, soit le tracelet. La disposition de ces organes paraît très bien conçue, et nous en avons vérifié le bon fonctionnement. Comme moteur, nous avons adopté une petite dynamo, genre Gramme, que nous avons fait construire, dans notre atelier, par notre mécanicien, M. Huetz, et qui est actionnée par quelques éléments d'accumulateurs ; un train de réduction, interposé entre ce petit moteur et la machine, transmet le mouvement à celle-ci, en réduisant la vitesse dans la proportion convenable. Comme ce train de réduction devait être à peu près semblable à celui du comparateur Hartmann, également actionné par un petit électro-moteur, j'en ai demandé la construction à la Section technique de l'Artillerie, qui a bien voulu s'en charger pour nous.

La machine est donc complètement installée et prête à fonctionner. Il ne reste plus qu'à la couvrir d'une vitrine, destinée à la mettre à l'abri de la poussière ou d'accidents possibles, et aussi des variations rapides éventuelles de la température ambiante pendant qu'elle tracera automatiquement. J'espère pouvoir montrer au Comité, avant la fin de la session, la première règle divisée, tracée au moyen de cet instrument.

Depuis la dernière session, nous avons reçu le complément des appareils destinés à la détermination de la masse du décimètre cube d'eau. Nous avons déjà soumis à votre examen, en 1875, au moment même où il venait de nous être livré par MM. Bariquand et Marre, l'appareil à palpeurs étudié par M. Guillaume pour la mesure des dimensions des cylindres, que nous avons construits nous-mêmes dans notre atelier. Depuis lors, cet appareil a été installé à sa place définitive, dans notre comparateur universel, réglé très soigneusement, amélioré encore dans certains détails, et enfin il a déjà servi à de très nombreuses déterminations, sur les-

quelles je reviendrai plus loin. D'autre part, MM. Bariquand et Marre nous ont livré le vase destiné aux pesées hydrostatiques des mêmes cylindres. Ce vase a été formé d'un gros tube de laiton, tiré, soudé par le bas dans une rainure pratiquée sur le contour d'un fond de même métal. Le tout a été très fortement nickelé. Le vase contient les divers organes nécessaires pour porter les cylindres, régler à volonté leur position, les engager sur leur suspension ou les en dégager. Tous ces organes ont été construits en nickel. La hauteur et le diamètre du vase sont de 26^{cm} environ, et sa capacité est, par suite, de près de 14^l. Nous avons dû, pour recevoir un appareil de cette taille et de cette masse, avec ses divers accessoires, modifier, agrandir et consolider la cage inférieure de notre balance de 5 kilogrammes, qui doit être employée pour ces pesées, et qui était à la fois de dimensions et de solidité insuffisantes.

En même temps, nous avons complété l'installation de cette balance par l'adjonction du système optique (règle divisée et lunette) destiné à observer les oscillations par réflexion sur un petit miroir porté par le fléau.

D'un autre côté, nous avons demandé à M. Jobin, opticien, successeur de M. Laurent, un deuxième cube en verre, à peu près semblable à celui dont j'ai déjà parlé dans mon précédent Rapport, mais de construction plus parfaite, et devant servir à l'étude de la même question par les procédés interférentiels. Je rendrai compte plus loin des mesures auxquelles a servi, entre les mains de M. Chappuis, cette pièce, exécutée par M. Jobin avec une perfection absolument remarquable.

C'est ici, je crois, le lieu de signaler une autre amélioration sensible que nous avons introduite dans notre outillage scientifique, à très peu de frais, puisqu'elle a été faite presque entièrement par nous-mêmes et aux dépens de notre propre travail. Nous ne possédions, jusqu'à présent, comme poids divisionnaires, que les deux très belles séries, en platine iridié, construites par la maison Oertling, de Londres (je laisse à part notre série en quartz, de M. Laurent, dont l'emploi ne convient que dans des conditions exceptionnelles). Ces séries d'Oertling ont un très grand prix et une très grande valeur, non seulement par la matière qui les constitue, mais aussi par les nombreux, longs et délicats travaux d'étaonnages dont elles ont été l'objet, déjà à bien des reprises. Il est désirable de les ménager, autant que possible, et parfois regrettable

de les faire servir à des opérations qui, tout en exigeant un certain degré de précision, ne constituent pourtant pas des pesées de premier ordre. Telles étaient, en particulier, un certain nombre d'opérations préliminaires, relatives à cette question du décimètre cube d'eau. D'un autre côté, nous avons aussi deux séries, autrefois acquises chez M. Westphall, à Celle, en laiton doré, qui sont à peu près assimilables aux poids ordinaires du commerce, et complètement insuffisantes, non seulement pour servir à des pesées de précision, mais même pour justifier les travaux que nécessiterait un étalonnage soigné. Il nous a paru qu'entre ces deux extrêmes il y avait une lacune, qu'il y aurait intérêt à combler. On peut dire que les étalons de poids (ou de masse) peuvent tous se ramener à deux sortes, très différentes par leur mode de construction, et aussi par le degré d'exactitude auquel elles se prêtent dans leurs applications. Les premiers pourraient être désignés comme *poids ordinaires*, parce que, en effet, le procédé de fabrication est pour eux celui qui est exclusivement usité pour les poids communs. Ce procédé consiste à faire une pièce d'abord trop légère, mais pourvue d'une cavité intérieure, dont on fermera finalement l'orifice par une cheville ajustée ou un bouchon à vis, après avoir introduit dans la cavité une surcharge, en limaille métallique, telle que le tout ait la masse voulue. Quels que puissent être le soin et la perfection avec lesquels cette opération a été exécutée, de tels poids ne peuvent jamais être considérés comme des étalons de précision. La présence de la cavité intérieure, obturée plus ou moins parfaitement par un bouchage toujours incertain et suspect, est un obstacle à peu près absolu à la connaissance exacte de la densité, ou, en d'autres termes, du volume, élément qui joue un rôle très important dans les pesées de précision. Les poids de premier ordre doivent nécessairement être faits, comme nos prototypes, d'une seule pièce, compacts, sans aucune cavité intérieure, et par conséquent être ajustés par des rodages progressifs. Il n'est pas besoin d'insister pour comprendre immédiatement la différence énorme de travail et de temps qu'exige, et aussi de difficultés que comporte la construction de poids de l'une ou de l'autre catégorie.

Il nous a donc paru nécessaire de nous munir de séries de poids divisionnaires, de deuxième ordre en quelque sorte, ajustés cependant, bien entendu, par rodage, mais construits dans une matière moins coûteuse que le platine iridié. Le bronze et le laiton s'altèrent et noircissent très rapidement. D'autre part, on sait les diffi-

cultés qu'entraîne le platinage ou la dorure, et aussi les résultats peu satisfaisants auxquels ils conduisent souvent. Les difficultés seraient du reste, selon toute apparence, devenues insurmontables, avec le mode de construction exigé ici. Nous avons donc cherché autre chose et, après bien des essais, nous nous sommes décidés à avoir recours au nickel pur, métal dur et résistant, dont la surface est susceptible d'acquérir un très beau poli, qui est presque aussi inaltérable que le platine lui-même, presque aussi réfractaire aux agents ordinaires d'oxydation ou d'altération, air, humidité, eau, vapeurs acides, mercure,... avec lesquels il est exposé à se trouver en contact dans un laboratoire. Nous avons fait construire, dans notre atelier, par M. Huetz, cinq séries complètes, comprenant : d'abord le kilogramme en forme de cylindre de hauteur égale au diamètre de la base ; ensuite la série divisionnaire, de 500^{es} à 1^{er} (avec le mode de division le plus convenablement agencé pour permettre un étalonnage commode et rationnel) en forme dite à *bouton* (qui est plus maniable pour les pièces de moindre volume) ; et enfin la subdivision du gramme jusqu'au milligramme, en forme de lames. M. Chappuis et moi, avec l'aide de M^{lle} de Bauller, avons fait les nombreuses pesées nécessaires, achevé l'ajustage d'un certain nombre de pièces, et commencé les étalonnages définitifs. Ceux-ci ne sont pas encore terminés, et quelques pièces doivent même demander encore quelques légères retouches.

Nous mettrons sous les yeux du Comité ces séries de poids, qui sont véritablement très beaux et presque absolument exempts de tous défauts de surface. Je dois dire cependant que, s'ils devaient être employés dans d'autres conditions que celles où ils servent chez nous, la matière qui les forme présente, à côté des précieuses qualités que j'ai énumérées, une propriété qui pourrait devenir un grave inconvénient : c'est qu'elle est sensiblement magnétique. Nous ne nous sommes point aperçus, jusqu'à présent, que ce fait eût aucune influence appréciable sur nos résultats ; mais il pourrait n'en être plus de même si l'on se trouvait à proximité de champs électriques ou magnétiques puissants ; par exemple dans un laboratoire parcouru par des courants intenses, ou dans le voisinage de machines-dynamos. Il y a là, pour des étalons de ce genre, dans des conditions spéciales, un motif d'exclusion auquel il conviendrait d'apporter attention. Je ferai remarquer à ce propos que toutes les balances contiennent soit dans leurs parties mobiles, soit dans le voisinage immédiat de celles-ci, une quantité plus ou moins grande

de pièces en acier, métal qui présente cette même propriété à un degré bien plus élevé, et est, non seulement magnétique, mais presque toujours aimanté. Je ne suis pas persuadé que ce ne soit pas là, pour des instruments de haute précision, un défaut sensible ; et je crois que les constructeurs feraient sagement en éliminant l'acier, dans leurs balances, partout où son emploi n'est pas rigoureusement obligatoire.

Les autres modifications qui sont intervenues dans notre outillage scientifique, depuis un an et demi, sont des modifications de détail, qui ne valent pas la peine d'être mentionnées. J'indiquerai seulement encore que nous avons fait construire une nouvelle chaudière, en cuivre étamé, pour préparer les quantités considérables d'eau distillée qu'exigent nos pesées hydrostatiques. Je rappelle que le condenseur de notre appareil, que nous possédons depuis longtemps, est en platine.

En terminant, je dois noter enfin l'entrée, dans notre collection d'instruments et étalons, d'une pièce qui présente pour nous un genre d'intérêt complètement différent. Après la mort d'Émile Brunner, qui a suivi de si près celle de son frère, M^{elle} Brunner, sa fille, a eu la pensée de distribuer généreusement entre les divers observatoires ou établissements scientifiques avec lesquels son père avait été en rapport, un certain nombre d'instruments qui avaient appartenu à sa maison, ou avaient été construits par lui-même, et qu'il avait conservés. Elle nous a offert d'accepter à titre de souvenir une règle étalon en laiton, tracée en millimètres dans toute sa longueur, et portant à l'une de ses extrémités l'inscription : Brunner frères, 1869. Conformément au vœu de M^{elle} Brunner, nous conserverons cette règle comme un souvenir de l'artiste sans rival auquel notre établissement doit quelques-uns de ses plus beaux appareils. Qu'il me soit permis d'exprimer, à cette occasion, mon profond regret d'avoir vu disparaître si vite une maison qui avait amené la construction mécanique à un degré de perfection incomparable, s'était justement acquis, entre les mains du père d'abord, puis des deux fils, une réputation universelle, et faisait honneur à la fois à la France et à la science.

IV. — COMPTES.

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

A. D'après les <i>Procès-verbaux</i> de 1895, p. 13, le total des actifs, au commencement de l'exercice 1895, s'élevait, pour ce chapitre, à.....	fr 18719,13
Dans le courant de l'année 1895, le Compte I a eu une recette, provenant des <i>taxes de vérification</i> et montant à.....	<u>1040,00</u>
L'actif de ce Compte s'est donc élevé, en 1895, à.....	19759,13
D'autre part, les dépenses, qui ont été inscrites sur ce Compte I, se sont réduites, pendant le même exercice, aux suivants :	
Baudin : thermomètre.....	fr 60,00
Société genevoise : 2 micromètres et accessoires.....	<u>460,10</u>
	520,10
En sorte que l'actif, à la fin de décembre 1895 a été de.....	<u>19239,03</u>
B. Dans le courant de l'année 1896, le Compte I a eu une recette, provenant encore des <i>taxes de vérification</i> et montant à.....	930,00
L'actif de ce Compte s'est donc élevé, en 1896, à.....	<u>20169,03</u>
D'autre part, on a imputé, pendant cette même année, sur le Compte I, les dépenses suivantes :	
Baudin : thermomètres.....	420,00
Courchaussé : une raboteuse à bras.....	500,00
Service technique de l'Artillerie. Comparateur automatique enregistreur.....	<u>1875,00</u>
	2795,00
En sorte que l'actif, à la fin de décembre 1896, est devenu.....	<u>17374,03</u>

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

A. D'après les *Procès-Verbaux* de 1895, p. 14, l'actif
du Compte II était, au commencement de 1895, de.. 8639^{fr},60
dont 5099^{fr},10 étaient disponibles
et 3540^{fr},50 avaient dû être prêtés au Compte IV.

A la fin de l'année 1895, cet actif restait le même,
mais se partageait ainsi, par suite des rentrées nou-
velles effectuées au Compte IV ; soit encore..... 8639,60
dont 6169^{fr},10 étaient disponibles
et 2470^{fr},50 dus par le Compte IV.

Mais, en outre, pendant l'année 1895, le Compte du
Bureau international vis-à-vis du Gouvernement
français a été complètement liquidé, c'est-à-dire
que le solde de la dette du Bureau pour les proto-
types internationaux, leurs témoins et les étalons
du Bureau international — dette dont la première
partie (40000^{fr}) avait été payée en 1891 — a été
payé au Ministère du Commerce. Ce solde s'élevait,
ainsi qu'il a été dit dans les précédents *Procès-
Verbaux*, à..... 36366,00

Les fonds nécessaires pour payer cette somme ont été
fournis par les actifs du Compte V (*voir plus loin*),
jusqu'à concurrence de..... 30196,90
qui ajoutés aux..... 6169,10
indiqués ci-dessus comme disponibles, font bien le
total de..... 36366,00

Ainsi, à la fin de l'exercice de 1895, il restait au
Compte II un actif de..... 2470,50
dû tout entier par le Compte IV.

B. Rien n'a été changé à cette situation pendant l'exer-
cice de 1896.

III. — Frais annuels.

A. D'après les <i>Procès-Verbaux</i> de 1895, p. 18, le Compte III possédait, au commencement de 1895, un actif disponible de		51702,77
Pendant l'année 1895, les recettes ont été les sui- vantes :		
I. Contributions réglementaires pour 1895. 62085,00 ^{fr} c'est-à-dire la somme réglementaire de 75000 ^{fr} , diminuée de :		
1° Contributions de 1895 versées par anticipation :		
Allemagne	10335,00	} 11937,00 ^{fr}
Suède	978,00	
Norvège	419,00	
Pérou (solde).....	205,00	
2° Contributions non rentrées :		
Confédération Argentine.....	<u>978,00</u>	
	12915,00	
II. Rentrée de contributions ar- riérées (Serbie).....		419,00
III. Intérêts bonifiés :		
1° Par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	3441,98	
2° Par MM. Lécuyer et C ^{ie}	<u>33,45</u>	
	3475,43	
Déduction à faire des intérêts à bonifier à la Grande-Bretagne jusqu'au règlement de son Compte et montant à (<i>voir</i> Compte IV).....	<u>132,68</u>	
	3342,75	
Total des recettes.....		65846,75
Le total des actifs disponibles sur le Compte III s'est donc élevé, en 1895, à		<u>117549,52</u>

Les dépenses de l'exercice de 1895, comparées aux prévisions établies en 1894 (*Procès-Verbaux* de 1894, p. 159) sont consignées dans le Tableau suivant.

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel....	38500 ^{fr}	40893,00 ^{fr}	2393,00 ^{fr}	
{ Directeur.....				
{ Adjoins.....				
{ Aides.....				
{ Mécanicien.....				
{ Garçon de bu- { reau.....				
{ Concierge.....				
B. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration.				
1. Entretien des bâtiments, dépen- dances, mobilier.....	4000	4599,38	599,38	fr
2. Entretien des machines.....	200	192,90		7,10
3. Entretien des instruments.....	800	668,75		131,25
4. Frais d'atelier.....	400	389,33		10,67
5. » de laboratoire.....	900	824,29		75,71
6. Achat de glace.....	900	200,95		699,05
7. Frais de chauffage.....	2700	1855,10		844,90
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3000	2884,55		115,45
9. Concession d'eau.....	200	127,95		72,05
10. Primes d'assurance.....	353	348,95		4,05
11. Frais de bureau.....	600	546,75		53,25
12. Bibliothèque.....	800	782,60		17,40
13. Frais d'impressions et publica- tions.....	10000	8000,00		2000,00
14. Frais de secrétariat.....	1000	1111,50	111,50	
15. Frais divers				
{ Gratifications.....				
{ et impré- {vus. { Frais de transports.....	4647	1410,90		3236,10
{ » de banquier..				
{ » divers.....				
Total.....	75000	70836,90	3103,88	7266,98
Donc en moins.....			4163 ^{fr} ,10	

Les dépenses normales du Compte III ont donc été de... 70836,90^{fr}

Mais en outre ont été dépensés, sur crédits extraordinaires :

1° Pour réparations aux bâtiments..... 9389,16

	Report.....	80226,06 ^{fr}
2° Pour appareils destinés à la détermination du décimètre cube d'eau (1 ^{er} versement à MM. Bariquand et Marre).....		<u>2500,00</u>
Le total des dépenses du Compte III s'est donc élevé, en 1895, à.....		82726,06
Le total des actifs disponibles ayant été, comme on vient de le voir, de.....		<u>117549,52</u>
Il restait, à la fin de l'exercice 1895, un actif disponible, sur le Compte III, de.....		34823,46

Il n'y a que très peu d'observations à faire à propos du Tableau des dépenses de 1895.

L'excédent de dépense de 2393^{fr}, indiqué au Chapitre A, provient simplement de ce que l'on a transposé sur ce Chapitre l'indemnité supplémentaire votée par le Comité en faveur des Adjoints du Bureau, qui était antérieurement comptée, sous le titre de *gratification*, au Chapitre C.15; il se retrouve en effet, en sens inverse, dans la réduction de 3236^{fr},10 que l'on trouve sur ce Chapitre C.15.

Quelques économies assez importantes, que les circonstances ont permis de réaliser sur certains Chapitres, ont compensé en partie et allégé sensiblement la charge des dépenses supplémentaires faites sur crédits extraordinaires votés spécialement par le Comité pour des objets déterminés.

En ce qui concerne les réparations dont l'urgence avait été reconnue et l'exécution décidée (voir *Procès-Verbaux* de 1894, p. 139 et 154), j'ai déjà donné dans mon Rapport de 1895 tous les détails nécessaires. Je me bornerai à reproduire ici, en la complétant, maintenant que tous les comptes sont soldés, l'indication de la distribution du crédit spécial qui y a été affecté :

Doubles fenêtres à l'observatoire :

Menuiserie.....	1000,00 ^{fr}
Vitrierie.....	221,83
Peinture.....	<u>149,67</u>
	1371,50 ^{fr}

	Report.....	1371,50 ^{fr}
Ravalement des bâtiments ; observatoire et pavillon :		
	Maçonnerie, plâtres, enduits.....	387,65
	Peinture des murs.....	2000,79
	Peinture des grilles et boiseries.....	1664,22
		<u>4052,66</u>
	Restauration de la salle de conférence et des bureaux.....	2092,47
Remise en état du logement du mécanicien :		
	Terrasse et maçonnerie.....	975,00
	Parquets et menuiserie.....	897,53
		<u>1872,53</u>
		9389,16

B. Le Compte III possédait donc, comme on vient de le voir, au commencement de l'exercice 1896, un actif disponible de..... 34823,46^{fr}

Pendant l'année 1896, les recettes ont été les suivantes :

I. Contributions réglementaires pour 1896.. 67914,35^{fr}

C'est-à-dire la somme réglementaire de 75000^{fr}, diminuée de :

1° Solde du Compte de la Grande-Bretagne, versé par anticipation (au Compte IV)..... 3313,65^{fr}

2° Contributions non rentrées :

Belgique.....	1257 ^{fr}
Danemark.....	140
Portugal.....	978
Serbie.....	419
Conféd. Argentine..	978
	<u>3772,00</u>
	7085,65

Report..... 34823,46^{fr}

II. Intérêts bonifiés :

1° Par la Caisse des Dépôts et
Consignations..... 2087,95
2° Par MM. Lécuyer et C^{ie}..... 22,20

2110,15

IV. Subvention de l'Association géodésique
internationale pour études relatives aux
métaux et alliages (500 marks)..... 618,75

V. Versé, par le Compte IV, le solde du
Compte de la Grande-Bretagne..... 3313,66

73956,91

Le total des actifs disponibles sur le Compte III s'est
donc élevé, en 1896, à..... 108780,37

Les dépenses de ce Compte, pendant l'exercice de 1896, comparées
avec les prévisions établies dans la session de 1895 (*Procès-Verbaux*
de 1895, p. 84), sont consignées dans le Tableau suivant :

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel.....	42500 ^{fr}	40485 ^{fr} ,00		2015,00 ^{fr}
{ Directeur.....				
{ Adjoint.....				
{ Aides.....				
{ Mécanicien.....				
{ Garçon de bu-				
{ reau.....				
{ Concierge.....				
B. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration :				
1. Entretien des bâtiments, dépen-	4000	6042,26	2042,26 ^{fr}	
dances, mobilier.....				
2. Entretien des machines.....	200	117,35		82,65
3. Entretien des instruments....	800	602,12		197,88
4. Frais d'atelier.....	400	529,45	129,45	
5. Frais de laboratoire.....	900	695,86		204,14
6. Achat de glace.....	900	87,00		813,00
7. Frais de chauffage.....	2700	1428,30		1271,70
8. Frais d'éclairage et gaz pour				
laboratoire et moteur.....	3000	3259,17	259,17	
9. Concession d'eau.....	200	115,00		85,00
10. Primes d'assurance.....	353	348,95		4,05
11. Frais de bureau.....	600	563,36		36,64
12. Bibliothèque.....	800	810,70	10,70	
13. Frais d'impressions et publica-				
tions.....	8000	8000,00		
14. Frais de secrétariat.....	1000	463,00		537,00
15. Frais divers { Gratifications.....				
et impré- { Frais de transports.....	2647	1260,42		1386,58
vus. { » de banquier..				
{ » divers.....				
Total.....	75000	70807,94	2441,58	6633,64
Donc en moins.....			4192,06	

Les dépenses du Compte III se sont donc élevées, pen-
dant l'exercice de 1896, à..... fr
70807,94

Le total des actifs disponibles ayant été, comme on vient
de le voir, de..... 108780,37
il reste, pour la fin de l'exercice de 1896, un actif dis-
ponible, sur le Compte III, de..... 37972,43

Le précédent Tableau ne provoque encore qu'un petit nombre de remarques. La seule qui ait quelque importance se rapporte à l'excédent de dépense relativement considérable (2042^{fr},26) du Chapitre C.1. Cet excédent tient simplement à ce qu'on a fait entrer ci-dessus dans le total de ce Chapitre les frais de la réfection de la fosse du bâtiment annexe, dont il a été question plus haut, et qui a été payée, ainsi que je l'ai expliqué, sur les crédits supplémentaires votés par le Comité en vue de réparations spéciales et urgentes. Si l'on déduit du total inscrit (6042^{fr},26) les 1989^{fr},75 payés pour cette réfection, il reste, pour les frais d'entretien normaux, une dépense de 4052^{fr},51, qui rentre presque exactement dans les prévisions.

Les excédents sensibles sur les Comptes *Frais d'atelier* et *Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur* sont plus que largement compensés par des réductions assez notables sur d'autres, en particulier sur *Entretien des instruments*, *Achat de glace*, *Frais de laboratoire*, *Frais de chauffage*.

Il convient d'ajouter que nous devons encore actuellement, sur le Compte III, à MM. Bariquand et Marre, une somme de 1367^{fr},65, représentant le solde du prix des appareils construits pour nous par cette maison et destinés à la détermination de la masse du décimètre cube d'eau. D'autre part, nous venons de payer, au commencement de l'exercice actuel (1897), à M. Jobin, opticien, successeur de M. Laurent, une somme de 1441^{fr}, pour les pièces optiques qui ont servi dans l'étude de cette même question par les procédés interférentiels. J'ajoute enfin qu'une partie des dépenses relatives à ce même travail a pu être inscrite aux Chapitres *Entretien des instruments* et *Frais de laboratoire*, dans les exercices de 1895 et de 1896, sans sortir des limites des prévisions de nos budgets normaux.

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

A. D'après les *Procès-Verbaux* de 1895, p. 21, le total des remboursements ou recettes, qui ont été faits depuis l'origine, sur le Compte IV, était, au commencement de l'exercice de 1895, de.....

fr
26961,10

tandis que le total des dépenses de ce même Compte, à la même date, était de

30501,60

3540,50

de sorte que le Compte IV avait, au commencement de 1895, un déficit de fr 3540,50
 auquel il avait été provisoirement pourvu, comme on l'a déjà vu plus haut, par les ressources disponibles du Compte II.

Pendant le courant de l'année 1895, le Compte IV a eu les recettes suivantes :

<i>Mexique</i> , remboursement des accessoires d'un mètre à bouts.....	fr 535	
<i>Bavière</i> , remboursement des accessoires d'un mètre à bouts.....	535	
		<u>1070,00</u>

Le total des remboursements, depuis l'origine, s'est donc élevé à.....	28031,10
--	----------

Le total des dépenses n'ayant d'ailleurs pas changé et étant resté de.....	<u>30501,60</u>
--	-----------------

Le déficit s'est trouvé réduit, à la fin de l'exercice de 1895, à.....	2470,50
--	---------

auquel il a été toujours provisoirement pourvu par les ressources disponibles du Compte II (*voir* plus haut).

D'autre part, le Compte IV possédait encore, au commencement de 1894, un actif réservé provenant du paiement anticipé de la Grande-Bretagne pour un étalon à bouts. Cet actif, avec les intérêts accumulés, montait, au commencement de 1895, à.....	13267,98
--	----------

Le Gouvernement anglais ayant retiré son mètre à bouts, le Comité international a liquidé son compte vis-à-vis du Gouvernement français, en faisant verser au Ministère du Commerce le prix de ce mètre, soit une somme de 10087 ^{fr} , fixée par la Section française. Les intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations jusqu'à ce moment, ajoutés à la réserve qui vient d'être indiquée, formaient un total de.....	13400,66
sur lesquels a été prélevée la somme de.....	<u>10087,00</u>
pour le paiement du mètre à bouts. Il est donc resté au compte de la Grande-Bretagne un reliquat de....	3313,66

à imputer sur les contributions futures et qui devra ainsi faire retour au Compte III.

B. Cette situation a été liquidée, en effet, pendant l'exercice de 1896. Le Gouvernement de la Grande-Bretagne a versé à la Caisse des Dépôts et Consignations une somme de 1574^{fr},35, qui, ajoutée au reliquat précédent, représente la contribution réglementaire de ce Gouvernement pour l'année 1896. Le solde de 3313^{fr},66 a été transporté du Compte IV au Compte III, en sorte que la situation du Compte IV, à la fin de l'exercice 1896, se résume toujours par un déficit de..... fr 2470,50

auquel il a été provisoirement pourvu par les ressources du Compte II.

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

A. D'après les *Procès-Verbaux* de 1895, l'excédent des recettes du Compte V était, au commencement de 1895, de..... fr 97452,00

Sur ce total a été prise, comme on l'a vu plus haut, une somme de..... 30196,90
qui a été transférée au Compte II et a formé l'appoint nécessaire pour solder la dette du Comité international vis-à-vis du Gouvernement français. L'excédent est donc resté, à la fin de 1895, de..... 67255,10
dont il devra être disposé conformément aux propositions qui ont été portées devant la Conférence générale de 1895 et acceptées par les Gouvernements.

B. L'exercice de 1896 n'a rien changé à la situation qui vient d'être indiquée.

Il ne m'a pas paru utile de donner, dès à présent, dans ce Rapport, des détails sur l'exercice de l'année actuelle, qui est encore peu avancée. Cet exercice ne présente d'ailleurs absolument rien que de normal. Les dépenses effectuées dans le cours des trois pre-

miers mois sont restées dans les limites prévues et ordinaires; il n'y aurait à signaler que le paiement de la somme de 1441^{fr}, déjà indiqué plus haut, à M. Jobin, pour les appareils optiques qu'il nous a fournis, somme qui doit être imputée sur le crédit spécial prévu pour couvrir les frais des études sur la masse du décimètre cube d'eau. En ce qui concerne les recettes, je puis dire que, d'après les renseignements que je possède, les seuls États qui aient versé, jusqu'au moment actuel, leurs contributions pour 1897 sont les suivants :

Suède.....	978 ^{fr}
Norvège.....	419
Suisse.....	628
Italie.....	6075
	<hr/>
	8100

En outre, la Belgique a versé sa contribution arriérée pour l'exercice précédent.

Je ne saurais que déplorer les retards sans cesse croissants avec lesquels se produit la rentrée des contributions des États. On voit que, après le premier tiers de l'année écoulé, il n'y a guère plus d'un dixième de notre budget qui ait été versé, et si l'on ajoute les retardataires de l'exercice précédent, la situation est encore moins satisfaisante. Cet état de choses serait de nature à nous créer les plus graves difficultés et à compromettre l'existence même de notre Institution, si nous ne possédions heureusement, actuellement, comme on l'a vu par le compte rendu financier que je viens de présenter, une réserve assez importante, qui nous permet d'assurer, en attendant, le fonctionnement de nos services. Mais il montre à quel degré il est urgent de ménager cette réserve, et de tâcher de la maintenir intacte, autant que possible, par la plus stricte et sévère économie apportée dans tous les détails de notre administration. Ces retards dans les rentrées des contributions ont encore l'effet fâcheux de nous faire perdre, chaque année, en intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations, une somme qui, étant donnée la modicité de notre budget, ne serait point négligeable.

Je veux enfin, en terminant cet exposé financier, adresser, au nom du Bureau, un remerciement à l'Association géodésique internationale, pour la part d'aide qu'elle a bien voulu nous donner dans les recherches que nous avons entreprises relativement aux métaux

ou alliages propres à la construction des étalons et des grandes règles de base. L'Association géodésique a voté, en notre faveur, une subvention de 3000 marks, prenant ainsi à sa charge une partie importante des frais que nécessitent ces recherches. Un premier versement de 500 marks (618^{fr},75) a été fait, comme je l'ai indiqué plus haut, pendant l'exercice de 1896. Je suis heureux de pouvoir dire que les résultats déjà obtenus dans ces essais, et dont je rendrai compte tout à l'heure, par leur nouveauté, leur valeur, et l'importance des applications qu'on en peut vraisemblablement prévoir dans des questions qui intéressent particulièrement l'Association géodésique, me paraissent propres à justifier l'intérêt que celle-ci a bien voulu prendre à nos travaux, et qui s'est traduit d'une façon si généreuse.

COMPTES DE 1895.

COMPTE I.

RECETTES.

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

<i>Actifs au commencement de l'année 1893 :</i>	
Actifs disponibles	fr 18719,13
Recettes des taxes de vérification	1040,00
	<hr/>
Balance.....	19759,13

COMPTE II.

RECETTES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

<i>Actifs au commencement de l'année 1893 :</i>	
Actifs disponibles	fr 5099,10
Dû par le Compte IV.....	3540,50
	<hr/>
	fr 8639,60
Fourni par le Compte V.....	30196,90
Balance.....	38836,50

COMPTE I.

DÉPENSES.

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

Baudin. Thermomètre.....	fr 60,00	
Société genevoise. 2 micromètres et accessoires.....	<u>460,10</u>	
		fr 520,10

Solde des actifs à la fin de l'année 1895 :

Actifs disponibles.....	19239,63
Balance.....	<u>19759,13</u>

COMPTE II.

DÉPENSES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Solde du paiement des Prototypes internationaux et étalons du Bureau au Gouvernement français.....	fr 36366,00
---	----------------

Solde des actifs à la fin de l'année 1895 :

Dû par le Compte IV.....	2470,50
Balance.....	<u>38836,50</u>

COMPTE III.

RECETTES.

III. — Frais annuels.

Actifs au commencement de l'année 1895 :

Arriérés de contributions pour 1894, non rentrées de la Con- fédération Argentine.....	fr 978,00	
De la Serbie.....	<u>419,00</u>	
		fr
		1397,00
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1894.....	2295,00	
Actifs disponibles.....	<u>51702,77</u>	
		fr
		55394,77
Contributions réglementaires pour 1895.....		75000,00
Intérêts bonifiés.....		3342,75
Contributions réglementaires demandées au Vénézuéla pour 1895.....		<u>489,00</u>

Balance..... 134226,52

COMPTE III.

DÉPENSES.

III. — Frais annuels.

<i>A. — Personnel.</i>			
Directeur	}		
Adjoints			
Aides			
Mécanicien			
Carçon de bureau			
Concierge		fr 40893,00	
<i>B. — Indemnité du Secrétaire</i>		6000,00	
<i>C. — Frais généraux d'administration.</i>		fr	
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.		4599,38	
2. Entretien des machines		192,90	
3. Entretien des instruments		668,75	
4. Frais d'atelier		389,33	
5. Frais de laboratoire		824,29	
6. Achat de glace		200,95	
7. Frais de chauffage		1855,10	
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur		2884,55	
9. Concession d'eau		127,95	
10. Primes d'assurance		348,95	
11. Frais de bureau		546,75	
12. Bibliothèque		782,60	
13. Frais d'impressions et publications		8000,00	
14. Frais de secrétariat		1111,50	
15. Frais divers et imprévus	} Gratifications } Frais de transports } Frais de banquier } Frais divers	1410,90	
			<hr/>
			23943,90
			fr 70836,90
Réparation aux bâtiments sur crédits extraordinaires		9389,16	
Appareils pour la détermination du décimètre cube d'eau (Bariquand et Marre)		2500,00	
Remboursement de contributions versées par anticipation :			
	par l'Allemagne	10335,00	
	la Suède	978,00	
	la Norvège	419,00	
	le Pérou (solde)	205,00	
		<hr/>	
		11937,00	
<i>Solde des actifs à la fin de l'année 1895 :</i>			
Arriérés des contributions non rentrées (Confédération Argentine, 1894-95)		1956,00	
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1895		2784,00	
Actifs disponibles		34823,46	
		<hr/>	
		39563,46	
Balance		<hr/> <u>134226,52</u>	

COMPTE IV.

RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1895 :

Versement anticipé de la Grande-Bretagne pour un mètre à bouts, avec intérêts jusqu'au 1 ^{er} janvier 1895.....	fr	13267,98
Intérêts bonifiés pour cette somme en 1895 (6 mois).....		132,68
Remboursement d'accessoires de prototypes par :		
le Mexique.....	535,00	
la Bavière.....	535,00	
		1070,00
Balance.....		<u>14470,66</u>

COMPTE V.

RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1895 :

Actifs disponibles.....	97452,00
Balance.....	<u>97452,00</u>

COMPTE IV.

DÉPENSES.

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

Rendu au Compte II.	fr 1070,00
Payé au Gouvernement français, pour le compte de la Grande-Bretagne (prix d'un mètre à bouts).....	10087,00

Solde des actifs à la fin de l'année 1893 :

Solde du versement anticipé de la Grande-Bretagne.....	<u>3313,66</u>
--	----------------

Balance.....	<u>14470,66</u>
--------------	-----------------

COMPTE V.

DÉPENSES.

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

Fourni au Compte II.....	30196,90
--------------------------	----------

Solde des actifs à la fin de l'année 1893 :

Actifs disponibles ..	67255,10
Balance.....	<u>97452,00</u>

SOLDES A LA FIN DE 1895.

D'après les Tableaux, les actifs disponibles à la fin de 1895 sont :

Compte I.....	fr 19239,03
» II.....	
» III.....	34823,46
» IV.....	3313,66
» V.....	67255,10
	<u>124631,25</u>

Ce total est effectivement celui des soldes possédés au 31 décembre 1895 par nos trois comptes, savoir :

Solde à la Caisse des Dépôts et Consignations.	fr 117876,55
» chez MM. Lécuyer et C ^{ie}	2318,05
» dans la Caisse du Bureau.....	<u>4436,65</u>
Total égal.....	124631,25



COMPTES DE 1896.

COMPTE I.

RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1896 :

Actifs disponibles.....	fr 19239,03
Recettes des taxes de vérification.....	<u>930,00</u>

Balance..... 20169,03

COMPTE II.

RECETTES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de l'année 1896 :

Dû par le Compte IV.....	fr 2470,50
Balance.....	<u>2470,50</u>

COMPTE I.

DÉPENSES.

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

Baudin. Thermomètres.....	fr 420,00
Courchaussé. Raboteuse à bras.....	500,00
Service technique de l'Artillerie. Comparateur automatique enregistreur.....	<u>1875,00</u>
	fr 2795,00

Solde des actifs à la fin de l'année 1896 :

Actifs disponibles.....	17374,03
Balance.....	<u>20169,03</u>

COMPTE II.

DÉPENSES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Solde des actifs à la fin de l'année 1896 :

Dû par le Compte IV.....	2470,50
Balance.....	<u>2470,50</u>

COMPTE III.

RECETTES.

III. — Frais annuels.

Actifs au commencement de l'année 1896 :

Arriérés de contributions non rentrées (Confédération Argentine, 1894-95).....	fr 1956,00
Arriérés des contributions du Vénézuéla, de 1890-1895	2784,00
Actifs disponibles.....	<u>34823,46</u>
	39563,46
Contributions réglementaires pour 1896	75000,00
Intérêts bonifiés.....	2110,15
Subvention de l'Association géodésique internationale.....	618,75
Contributions réglementaires demandées au Vénézuéla, pour 1896.....	489,00
Versé par le Compte IV (Solde du compte de la Grande-Bretagne).....	<u>3313,66</u>

Balance 121095,02

COMPTE III.

DÉPENSES.

III. — Frais annuels.

A. — <i>Personnel</i> :							
Directeur	}						
Adjoints							
Aides							
Mécanicien			fr				
Garçon de bureau			40485,00				
Concierge							
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i>			6000,00				
C. — <i>Frais généraux d'administration</i> .							
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.		fr	6042,26				
2. Entretien des machines.....			117,35				
3. Entretien des instruments.....			602,12				
4. Frais d'atelier.....			529,45				
5. Frais de laboratoire.....			695,86				
6. Achat de glace.....			87,00				
7. Frais de chauffage.....			1428,30				
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.			3259,17				
9. Concession d'eau.....			115,00				
10. Primes d'assurance.....			348,95				
11. Frais de bureau.....			563,36				
12. Bibliothèque.....			810,70				
13. Frais d'impressions et publications.....			8000,00				
14. Frais de secrétariat.....			463,00				
15. Frais divers et	} Gratifications	} Frais de transports	}				
imprévus... }				} Frais de banquier	}		
						} Frais divers	}
			1260,42				
			<u>24322,94</u>				
			fr				
			70807,94				
Remboursement à la Grande-Bretagne du solde de son compte après paiement de son mètre-étalon à bouts.....			3313,65				
<i>Solde des actifs à la fin de l'année 1896 :</i>							
Arriérés de contributions non rentrées :							
Belgique, 1896.....		1257,00					
Danemark, 1896.....		140,00					
Portugal, 1896.....		978,00					
Serbie, 1896.....		419,00					
Confédération Argentine, 1894-96.....		<u>2934,00</u>					
			5728,00				
Arriérés des contributions du Vénézuéla, 1890-1896.....			3273,00				
Actifs disponibles.....			<u>37972,43</u>				
			46973,43				
Balance.....			<u>121095,02</u>				

COMPTE IV.

RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1896 :

Solde du versement anticipé de la Grande-Bretagne..... 3313,66^{fr}

Balance..... 3313,66

COMPTE V.

RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1896 :

Actifs disponibles..... 67255,10

Balance..... 67255,10

COMPTE IV.

DÉPENSES.

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

Versé au Compte III. Solde du compte de la Grande-Bretagne (versé en déduction sur sa contribution réglementaire pour 1896).....	fr <u>3313,66</u>
Balance.....	<u>3313,66</u>

COMPTE V.

DÉPENSES.

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

Solde des actifs à la fin de l'année 1896.

Actifs disponibles.....	<u>67255,10</u>
Balance.....	<u>67255,10</u>

SOLDES A LA FIN DE 1896.

D'après les Tableaux, les actifs disponibles à la fin de 1896 sont :

Compte I.....	fr 17374,03
» II.....	
» III.....	37972,43
» IV.....	
» V.....	<u>67255,10</u>
	122601,56

Ce total est effectivement celui des soldes possédés au 31 décembre 1896 par nos trois comptes, savoir :

Solde à la Caisse des Dépôts et Consignations.	fr 117708,70
» chez MM. Lécuyer et C ^{ie}	2306,00
» dans la Caisse du Bureau.....	<u>2586,86</u>
Total égal.....	122601,56

V. — Travaux.

Le déplacement de la session du Comité, qui, pour la première fois, est transportée de l'automne au printemps, en écourtant de cinq mois la durée de la période dont nous devons disposer pour remplir le programme de travaux que nous nous étions fixé en septembre 1895, devait nécessairement rendre plus difficile pour nous l'exécution intégrale, jusqu'à la présente réunion, des différents chapitres de ce programme. Aussi ai-je le regret de ne pouvoir présenter aujourd'hui, sur quelques-uns de ces chapitres, que des résultats incomplets, les quelques mois qui nous ont manqué nous étant encore nécessaires pour achever les études correspondantes. Les travaux relatifs à d'autres chapitres ont pu, au contraire, être complètement terminés et conduire à des conclusions définitives. Comme de coutume, je vais passer en revue, en résumant aussi rapidement que possible les recherches faites et leurs résultats, les différents points sur lesquels a porté l'activité scientifique de notre Bureau, depuis la présentation de mon précédent Rapport.

Je parlerai en premier lieu de la question des mètres à bouts. Qu'il me soit permis de rappeler brièvement que les six nouveaux mètres-étalons à bouts, en platine iridié, à section en X, qui ont été construits par les soins de la Section française, et dont l'un appartient au Bureau international, comme type de ce genre d'étalons, ont été d'abord comparés entre eux, deux à deux, dans toutes les combinaisons possibles, et dans un certain nombre de positions relatives, choisies symétriquement; et en même temps comparés au Mètre prototype à traits n° 26, qui est notre étalon fondamental. Ces comparaisons ont été faites par la méthode optique, qui consiste à faire réfléchir sur la surface terminale de l'étalon un objet délié, pointe fine ou fil d'araignée, et à considérer la position de cette surface comme définie par le milieu de l'intervalle entre cet objet et son image. Les résultats de ces comparaisons furent d'abord considérés comme définitifs, publiés dans les *Procès-Verbaux* de 1894, et les certificats imprimés et remplis, prêts à être livrés aux intéressés en même temps que les règles elles-mêmes. Sur ces entrefaites, cependant, nous avions fait quelques expériences comparatives entre la méthode optique et l'ancienne méthode des palpeurs ou toucheurs, appliquée à l'aide des pièces de contact de notre comparateur universel, et avons été conduits à trouver des

discordances sensibles entre les résultats obtenus par les deux méthodes. Bien que ces expériences eussent été faites sur les vieilles règles de l'an VII, contemporaines du Mètre des Archives, (Mètre du Conservatoire et Mètre de l'Observatoire), dont les surfaces terminales sont sensiblement irrégulières, un peu arrondies et traversées de nombreuses rayures; bien que les conditions fussent par conséquent notablement différentes de celles que fournissent les nouveaux mètres, dont les surfaces terminales sont au contraire des miroirs d'une planimétrie et d'un poli presque parfaits, le Comité jugea utile de répéter ces essais sur ces derniers étalons, et deux d'entre eux (ceux destinés aux Gouvernements Allemand et Anglais) furent, par l'assentiment de MM. Foerster et Chaney, laissés entre nos mains pour les soumettre à leur tour à l'épreuve de la méthode des contacts. Nous arrivâmes encore, non sans quelque surprise, à des différences systématiques paraissant supérieures aux incertitudes de chacune des deux déterminations, mais dans un sens inverse de celui qu'avaient donné les autres règles. En présence de ces divergences, il parut prudent de ne point formuler encore des conclusions définitives, et de retenir provisoirement les certificats, jusqu'à ce que de nouvelles expériences eussent permis de reconnaître les causes des anomalies constatées. Comme on va le voir, l'événement a justifié cette réserve, inspirée par un scrupule scientifique naturel et la crainte de sanctionner de notre autorité des valeurs encore discutables, bien qu'elles eussent été obtenues par des séries d'expériences longues et très soignées, par la collaboration de deux observateurs indépendants, et dans des conditions qui avaient paru à peu près irréprochables.

Notre première pensée fut d'attribuer toutes les causes des irrégularités à la méthode des contacts, qui semble moins directe et plus compliquée, et au premier abord plus susceptible de conduire à des erreurs systématiques. Je rappelle encore que tous les essais de vérification que nous avons faits, et dont j'ai rendu compte avec assez de détails dans mon précédent Rapport, donnèrent tort à cette idée préconçue, et confirmèrent, au contraire, dans les limites d'exactitude qu'on pouvait en attendre, les résultats fournis par la méthode des contacts. Il restait donc à reprendre l'étude du procédé optique; et, laissant d'abord de côté l'influence de la forme de la surface réfléchissante (qui devait être d'ailleurs évidente *a priori*) et nous limitant au cas de surfaces planes (qui est celui des nouveaux étalons), à chercher quelle pouvait être l'influence des conditions du système dioptrique producteur des images.

On sait que la méthode de réflexion comporte dans son application une difficulté particulière, par suite de la variation très rapide de la longueur apparente, qui accompagne de très petites variations dans la distance de l'objet visé à l'objectif, c'est-à-dire dans la mise au point. La cause de ce phénomène est trop bien connue de tous les métrologistes, et nous en avons nous-mêmes parlé trop souvent, pour qu'il soit utile d'y revenir ici. Cette difficulté s'augmente par la circonstance que la mise au point, faite dans ce cas sur un objet matériel de dimensions et de dispositions plus ou moins favorables, est elle-même notablement plus difficile à réaliser avec exactitude que, par exemple, sur un trait fin tracé sur une surface bien polie. La substitution, que j'ai proposée et appliquée, d'un fil d'araignée à une pointe métallique, qui, quelque fine qu'on puisse la faire, donne toujours, dans un microscope à grossissement assez fort, une image à bords un peu indécis et mal définis, améliore très sensiblement les conditions, sans cependant faire disparaître la difficulté dont il s'agit, et qui est inhérente au principe même de la méthode. La mise au point, faite en se fondant uniquement sur l'appréciation de la netteté de l'image, est toujours incertaine, entre des limites assez étendues, et peut donner lieu à des erreurs, non seulement accidentelles, mais aussi systématiques, suivant le mode d'appréciation propre à chaque observateur. Le procédé Cornu, qui consiste à diaphragmer successivement différentes parties de l'objectif, fait disparaître cet inconvénient, en substituant à cette appréciation un peu vague la mesure de la position de l'image. Mais son emploi suppose qu'on ait affaire à des objectifs parfaitement aplanétiques. Nous avons cherché, M. Guillaume et moi, à vérifier si les objectifs des microscopes du comparateur Brunner, dont nous nous étions servis, satisfaisaient suffisamment à cette condition, en diaphragmant successivement ces objectifs au moyen de diaphragmes percés d'ouvertures circulaires ou annulaires diverses, et cherchant, dans chaque cas, la position de bonne mise au point d'un trait fin sur une surface polie. Ces expériences nous ont conduits à des résultats souvent contradictoires, et il nous a été impossible d'en tirer une conclusion bien certaine. Elles sont, il faut le remarquer, bien plus difficiles à faire qu'il ne semble au premier abord. L'interposition de diaphragmes étroits, ne laissant passer que de minces faisceaux lumineux, sous un objectif de très petite ouverture, tels que ceux dont il s'agit, qui est déjà masqué à moitié par le miroir éclaircur du microscope, placé en dessous, et ne travaille par conséquent que par

la moitié de sa surface, cette interposition, dis-je, non seulement supprime une quantité importante de lumière et affaiblit considérablement l'éclat de l'image, mais trouble celle-ci, en faisant intervenir des phénomènes de diffraction, de manière à rendre souvent très malaisée l'appréciation du maximum de netteté. Les difficultés de ce genre, tout en ayant une moindre influence, existent également dans l'application du procédé Cornu à la mesure d'une règle à bouts, cas dans lequel la règle elle-même masque encore un nouveau quadrant de l'objectif, qui n'agit plus alors que par un quart de sa surface totale.

Il m'a donc paru utile, en recommençant nos déterminations des mètres à bouts, de modifier autant que possible les conditions du système dioptrique employé, c'est-à-dire d'avoir recours à des objectifs très différents de ceux qui avaient servi dans les premières mesures, et, en particulier, d'une ouverture beaucoup plus grande. Nous possédions des objectifs tout faits, répondant à ces conditions, dans les microscopes N' et S', c'est-à-dire les microscopes supplémentaires, de notre comparateur universel. Ces objectifs, de la construction de Steinheil, sont formés de trois lentilles achromatiques superposées, de 22^{mm} de diamètre. Leur distance focale est de 75^{mm},7 et leur ouverture utile de 17^{mm}. Ces valeurs numériques sont, l'une et l'autre, à peu près doubles de ce qu'elles étaient dans les objectifs Brunner précédemment employés. Les essais faits sur l'aplanétisme, par le procédé indiqué ci-dessus, plus faciles dans ce cas, précisément à cause de la plus grande ouverture, n'avaient pas permis de déceler des aberrations sensibles. J'ai fait monter deux microscopes, pouvant s'adapter aux équerres du comparateur Brunner, en réunissant ces objectifs avec les micromètres Brunner. Le grossissement total de ces nouveaux microscopes, égal au grossissement de ceux du comparateur universel, est un peu plus faible que celui des microscopes qui avaient été employés aux premières mesures.

J'ai recommencé, avec ces microscopes, l'étude complète de ceux des mètres-étalons à bouts qui étaient encore entre nos mains. Les trois étalons appartenant aux Gouvernements Bava-rois, Anglais et Russe ayant été retirés respectivement en décembre 1894 et septembre 1895, il nous restait encore, en outre de l'étalon du Bureau international, ceux des Gouvernements Allemand et Autrichien. Chacune de ces trois règles a été comparée à notre Prototype n° 26, dans toutes les positions relatives, au nombre de 16, que les règles

peuvent prendre l'une par rapport à l'autre, en les retournant bout pour bout et aussi, pour la règle à bouts, face pour face. Le nombre total de ces nouvelles comparaisons a donc été de 48. Si l'on compare les résultats moyens obtenus avec ceux des déterminations primitives, on constate les différences suivantes :

1° Par rapport aux résultats directs des comparaisons des mêmes règles deux à deux :

	Différences.
Mètre n° 1.....	+2, ^μ 63
» 4.....	+4,33
» 5.....	+3,65
	+3,53
Moyenne.....	

2° Par rapport aux résultats déduits du calcul de compensation de toutes les anciennes comparaisons des sept règles entre elles :

	Différences.
Mètre n° 1.....	+3, ^μ 56
» 4.....	+3,64
» 5.....	+3,40
	+3,53
Moyenne.....	

D'autre part, il m'a semblé que la mise au point par le procédé Cornu, appliquée toujours de la même manière, était cette fois plus facile et plus régulière, et que, dans leur ensemble, ces nouvelles mesures étaient faites dans des conditions plus favorables. Les écarts des résultats individuels par rapport aux valeurs moyennes sont devenus sensiblement moindres, et l'erreur moyenne d'une observation est tombée à peu près à la moitié de ce qu'elle avait été dans les anciennes opérations.

Ainsi, les nouvelles comparaisons faites par la méthode optique, mais avec un autre appareil dioptrique, ont conduit, pour les trois règles à bouts mesurées, à des longueurs un peu plus grandes que les premières comparaisons, de 3^μ,5 environ, quantité qui était presque exactement la différence entre les résultats obtenus primitivement par les deux méthodes. Bien qu'il ne faille attribuer, sans aucun doute, qu'une valeur relative à une coïncidence aussi parfaite dans ce contrôle, coïncidence due certainement en partie au hasard,

comme le montre l'examen des valeurs individuelles qui se résument dans cette moyenne, tant dans les anciennes que dans les nouvelles séries, ce résultat n'en est pas moins une nouvelle confirmation de tous ceux qui, antérieurement, nous avaient déjà inclinés à donner la préférence aux équations déduites des mesures faites par la méthode des contacts. On peut dire, en somme, que tout l'ensemble de ce travail, dont le commencement remonte déjà à plusieurs années, n'est pas très favorable à la méthode optique. Si cette méthode conserve l'avantage, incontestablement très précieux, d'exposer moins les étalons à être endommagés et altérés, comme ils peuvent l'être si aisément par des toucheurs ou palpeurs appuyant ou frottant sur leurs surfaces terminales, il paraît certain que son application, malgré sa simplicité apparente et son élégance, est très délicate, et peut aisément conduire à des erreurs systématiques sensibles dont la source n'est pas toujours aisée à reconnaître et à éliminer d'avance. D'autre part, les expériences que nous avons faites, pour un autre objet, semblent démontrer que la méthode des contacts, appliquée avec des instruments très parfaits, tels que ceux que M. Guillaume a étudiés et mis en usage pour la mesure de nos cylindres, est susceptible de donner une très grande précision.

Il restera maintenant à fixer les équations définitives des six nouveaux mètres à bouts et à changer, de la petite quantité nécessaire, les valeurs portées par les certificats, que le Comité se trouve ainsi complètement justifié d'avoir gardés en réserve jusqu'à l'achèvement de tout ce travail. Il ne semble pas qu'il soit nécessaire, pour cela, de procéder encore à de nouvelles expériences, ni de faire revenir à Breteuil celles des règles qui en ont déjà été retirées. Les longueurs relatives de ces règles, les unes par rapport aux autres, et en particulier par rapport à celle qui appartient et reste comme type au Bureau international, ont été fixées par les déterminations primitives, avec un degré d'exactitude suffisant, et qui serait du reste peut-être difficilement dépassé avec les moyens dont nous disposons en ce moment. En effet, l'erreur systématique provenant du système dioptrique, dans la comparaison d'un étalon à bouts avec un étalon à traits, disparaît dans la comparaison de deux étalons à bouts entre eux. Les anciennes mesures conservent donc, dans ces limites, toute leur valeur. Il suffira, en conséquence, de fixer l'équation à admettre définitivement pour le Mètre n° 5 du Bureau international; ce qui peut se faire, soit en s'appuyant seulement sur les résultats des dernières opérations dont je viens de parler, soit

en réunissant, dans une discussion générale, les résultats de toutes les mesures faites, tant par la méthode optique que par la méthode des contacts. Quel que soit celui de ces deux procédés auquel on s'arrête, les résultats seront assez peu différents pour que leurs écarts rentrent, évidemment, dans les limites des incertitudes inévitables de ces déterminations.

J'ajouterai encore quelques mots à propos de l'influence de la forme de la surface, influence qui, dans les mesures par réflexion, peut se superposer, soit dans le même sens, soit en sens inverse, à celle du système dioptrique. J'ai dit plus haut que, pour les vieilles règles dont les surfaces terminales sont un peu arrondies, nous avons trouvé un allongement apparent par la méthode optique. Ce fait me paraît s'expliquer simplement par la marche des rayons lumineux qui, après réflexion sur une surface convexe, s'entrecroisent suivant une caustique de forme bien connue, et dont une petite partie seulement, réfléchie, non au milieu de la surface terminale de l'étalon, mais au-dessus, est admise dans le microscope pour former l'image. Cette idée a été complètement vérifiée par une longue suite d'expériences que j'ai exécutées, en collaboration avec M. Chappuis, en faisant réfléchir une pointe fine sur des ménisques mercuriels obtenus dans une série de vases cylindriques de différents diamètres. La position apparente de la surface supérieure du ménisque, définie par le milieu de l'intervalle entre la pointe et son image, est constamment au-dessus de sa position réelle; et l'écart augmente à mesure qu'augmente aussi l'écartement de la pointe. Ces phénomènes s'atténuent et disparaissent à peu près complètement lorsqu'on arrive à des vases de diamètre suffisant pour que la surface du mercure puisse y être considérée comme plane dans une assez grande étendue.

Je parlerai, en deuxième lieu, de la question de la détermination des étalons millimétriques et centimétriques en longueurs d'ondes, à laquelle j'ai été amené à donner beaucoup plus de développement que je ne me le proposais d'abord, et qui m'a pris beaucoup plus de temps que je n'avais pensé y consacrer. L'intérêt qui s'attachait à cette étude était augmenté par ce fait, que nous avons déjà signalé, M. Guillaume et moi, dans notre dernier Mémoire sur les étalons et prototypes du Bureau, que, depuis quelques années, il nous paraissait s'établir une petite différence systématique entre les résultats des *tares* de nos micromètres, suivant qu'elles étaient

faites soit en partant de notre *millimètre normal* originel, celui qui appartient à l'échelle de notre Règle normale étalonnée et a été le générateur, en quelque sorte, de tous les autres, soit en partant des millimètres, dérivés du précédent, que porte notre Prototype en platine iridié n° 26. Il semblait donc que quelque altération devait s'être produite, d'un côté ou de l'autre, et une légère incertitude affectait notre unité micrométrique, base fondamentale de toutes nos mesures.

La détermination du millimètre et du centimètre en longueurs d'ondes a été faite par les procédés imaginés par M. Michelson, et par des opérations complètement analogues à celles dont il a donné la description dans son beau travail sur le mètre, publié dans le Volume XI de nos *Travaux et Mémoires*. J'avais déjà fait construire, dans notre atelier, comme je l'ai indiqué dans mon Rapport de 1895, les pièces nécessaires pour faire ces opérations. Ces pièces consistent essentiellement en deux *étalons* de bronze, portant, comme les *étalons Michelson*, deux glaces argentées, disposées en escalier, exactement parallèles, et à des distances l'une derrière l'autre qui étaient, pour le premier étalon, très sensiblement de 1^{mm}, et pour le second de 1^{cm}. D'autre part, nous avons demandé à M. Baudin de nous tracer, au moyen de sa machine à diviser, une série de petites échelles, sur nickel parfaitement poli, portant chacune, en traits très fins, un centimètre subdivisé en millimètres. J'ai commencé par déterminer, isolément et successivement, les 10 millimètres consécutifs de chaque échelle; ensuite leur somme a été contrôlée par une mesure directe et indépendante du centimètre tout entier.

Les opérations à effectuer consistent : premièrement, à déterminer en longueurs d'ondes la distance des deux plans parallèles de l'étalon Michelson (de 1^{mm} par exemple) en se servant pour cela des radiations monochromatiques fournies par le spectre du cadmium; et en second lieu à mesurer le rapport de cette distance à l'intervalle de deux traits consécutifs de la réglette étudiée; à cet effet, celle-ci est posée sur la surface supérieure de l'étalon Michelson, qui est déplacé sur sa coulisse de manière à substituer rigoureusement l'un de ses plans à l'autre (les deux positions limites étant définies au moyen des franges colorées obtenues en lumière blanche), pendant que le déplacement identique de la réglette est mesuré à l'aide d'un microscope à micromètre à fort grossissement. Je ne saurais entrer ici dans d'autres détails sur

ces mesures, par ces procédés si ingénieux, qui commencent d'ailleurs à être bien connus et presque classiques. J'en signalerai seulement un trait caractéristique, parce qu'il constitue une méthode générale de mesure, applicable dans bien des cas, et qui a servi également, comme je le dirai plus loin, entre les mains de M. Chappuis, dans ses études relatives à la masse du décimètre cube d'eau. Lorsqu'il s'agit de déterminer en longueurs d'ondes la distance des deux plans de l'étalon, c'est-à-dire de mesurer combien il y a de longueurs d'ondes d'une lumière donnée, comprises dans cette distance, il n'est nullement nécessaire de compter les franges, dont chacune correspond à une demi-longueur d'onde, qui passeraient dans le champ de la lunette par un déplacement progressif de l'étalon égal à sa propre longueur. Ce compte serait à la rigueur possible, quoique pénible et sujet à bien des chances d'erreurs, pour une longueur de 1 millimètre : en lumière rouge du cadmium, il y aurait environ 3100 franges à compter. Mais il deviendrait absolument impraticable pour la longueur de 1 centimètre, pour laquelle le nombre des franges à compter deviendrait supérieur à 31000. Or, la longueur de l'étalon étant d'abord connue approximativement, c'est-à-dire à deux ou trois microns près (résultat très facile à obtenir par une mesure préliminaire faite en partant d'un millimètre, ou d'un centimètre, étalonné), il suffit de faire, par le procédé Michelson, la mesure de *l'excédent fractionnaire*, simultanément avec les quatre radiations que fournit le spectre du cadmium ; on mesure ainsi, pour chacune de ces radiations, *la fraction d'onde* dont la longueur cherchée excède *un nombre entier*, non déterminé par cette opération, mais d'avance connu, à quelques unités près. L'unité de ce nombre entier peut alors être fixée, sans aucune ambiguïté possible, par les valeurs des excédents fractionnaires mesurés dans les quatre couleurs, et les rapports des quatre longueurs d'ondes des radiations correspondantes, rapports connus désormais par le travail de M. Michelson, avec une incomparable précision. La mesure devient ainsi relativement simple, et parfaitement exécutable, comme on le verra plus loin, même pour des longueurs bien supérieures à 1 centimètre.

Ce qui, dans les résultats de ces expériences, faites en partant des procédés interférentiels, limite l'exactitude finale atteinte, c'est la nécessité d'arriver toujours, en fin de compte, à un pointé micrométrique sur un trait. Malgré les très beaux polis des surfaces, et la finesse extrême des traits, qui m'ont permis de faire usage d'un

très fort grossissement (près de 300 fois), il est difficile de garantir, dans un résultat qui se résume dans la différence de deux pointés, une exactitude sensiblement au-dessus du dixième de micron. Les mesures faites sur les franges seules pourraient comporter une précision près de dix fois plus grande. Il y a donc, dans ces méthodes interférentielles, un instrument d'investigation d'une merveilleuse puissance, que nous ne pouvons même pas, dans bien des cas, utiliser complètement, à cause des conditions des mesures concomitantes auxquelles nous sommes obligés de les associer.

J'ai déterminé ainsi, d'une façon complète, sept échelles; la détermination de chacune a été refaite quatre fois, entièrement et indépendamment. Ce travail a occupé une partie assez considérable de mon temps. Je puis dire, en outre, que ces expériences, bien que très simples en principe, sont rendues assez laborieuses, fatigantes et quelquefois pénibles à faire, par suite des difficultés auxquelles donne souvent lieu la source lumineuse, c'est-à-dire le tube à vide contenant la vapeur de cadmium incandescente; source fragile et presque toujours très rapidement altérée et mise hors de service. J'ai déjà eu l'occasion de parler de ces difficultés et des tentatives que nous avons faites pour améliorer cette source, sans grand succès jusqu'à présent. M. Chappuis m'a rendu de grands services en me prêtant son concours pour préparer ces tubes, dont nous avons eu à faire, lui aussi bien que moi, une consommation très considérable.

Il serait sans aucun intérêt de reproduire ici les résultats numériques obtenus sur ces réglottes. Je les ai remises, une fois étudiées, à M. Guillaume, qui en a comparé plusieurs à nos millimètres étalons, et dont les mesures ont tranché, comme je le dirai, la question qui avait été l'origine première de tout ce travail.

Il n'a pas paru à propos de tenter la détermination du décimètre, par les mêmes procédés. En effet, d'une part, cette détermination, bien que possible, sans aucun doute, est déjà notablement plus difficile et exige surtout beaucoup de temps. D'autre part, la simple subdivision d'un mètre en dix parties, par un étalonnage, est une opération relativement aisée et assez rapide, pouvant conduire avec moins de peine très sensiblement au même degré d'exactitude.

En dehors des travaux qui précèdent, j'ai consacré une partie importante de mon temps à la section des pesées. J'ai déjà signalé plus haut la construction de nos nouvelles séries de poids en

nickel, et je n'y reviens pas. A cette occasion, il nous a paru utile de faire une nouvelle vérification de nos kilogrammes principaux, en platine iridié, qui n'avaient point été comparés depuis 1889, et dont l'un surtout, le Kilogramme C, avait été employé à d'assez nombreuses vérifications. Ces kilogrammes sont, en outre de ce Kilogramme C en forme de cylindre, le Kilogramme S en forme de sphère tronquée, et les deux Prototypes n° 9 et n° 31 qui nous ont été attribués par le tirage au sort lors de la distribution de 1889. Ces deux derniers n'avaient pas été retirés, depuis lors, de leurs enveloppes. J'avais d'abord fait faire deux séries de comparaisons entre ces kilogrammes, par M^{lle} de Bauller; mais, comme elles avaient présenté quelques irrégularités, je les ai recommencées ensuite moi-même, après avoir soigneusement visité et nettoyé la balance (balance Rueprecht n° 5). Les différences entre les équations relatives de ces étalons, résultant de ces nouvelles comparaisons, et les équations admises autrefois sont de l'ordre de grandeur de deux ou trois centièmes de milligramme. Bien qu'elles dépassent un peu les erreurs probables calculées de ces pesées, elles ne me paraissent pas sortir sensiblement des limites d'exactitude réelle que comportent ces opérations, dans les conditions où elles ont été faites, et je crois qu'on peut dire que nos kilogrammes prototypes n'ont subi, jusqu'à présent, aucune variation appréciable.

J'ai fait faire par M^{lle} de Bauller, sous ma direction ou sous celle de M. Chappuis, les étalonnages de plusieurs de nos séries divisionnaires, et en particulier de la division du gramme dans notre série fondamentale Oe. Je me borne à mentionner aussi la détermination de deux poids en platine, demandée par la Faculté des Sciences de Marseille.

Je laisse de côté quelques autres travaux de peu d'importance et particulièrement quelques séries de recherches expérimentales relatives à des questions d'élasticité, que j'ai entreprises, et pour lesquelles j'ai mis en usage soit notre sphéromètre de Brunner, que j'ai étudié à nouveau, soit le comparateur automatique pour longueurs à bouts qui nous avait été prêté par la Section technique de l'Artillerie. Ces recherches sont encore incomplètes et sans conclusion. Je me propose de les reprendre avec le nouveau comparateur qui va être installé ces jours-ci, et j'aurai l'occasion d'y revenir plus tard.

Passant à un autre ordre d'idées, je rappellerai enfin que j'ai, de-

puis la dernière session, rédigé et fait imprimer le Rapport sur la relation du Yard au Mètre, qui a été publié en tirage à part, et doit faire partie du Volume XII de nos *Travaux et Mémoires*.

J'arrive maintenant à la question de la masse du décimètre cube d'eau, sur laquelle une somme considérable de travail a été déjà effectuée, mais pour laquelle cependant le programme que nous nous sommes fixé n'est point encore, à beaucoup près et faute de temps, épuisé. Je rappelle que nous nous sommes proposé d'aborder cette question de deux manières : d'abord au moyen de solides relativement volumineux, dont les dimensions seraient mesurées par les procédés ordinaires, c'est-à-dire par le comparateur et des appareils de contact, avec tous les perfectionnements que l'expérience pourrait suggérer; et en second lieu, au moyen de corps plus petits, mais déterminables, avec une précision absolue beaucoup plus grande, par l'application des procédés interférentiels. M. Chappuis s'est chargé de faire les expériences par cette seconde méthode, tandis que la mise en œuvre de la première a été confiée à M. Guillaume. Je suis donc amené à rendre compte maintenant des travaux exécutés par les deux Adjointes du Bureau.

L'application de la méthode des interférences repose sur la combinaison des procédés de M. Michelson avec ceux de Fizeau. Nous avons vu plus haut que la méthode Michelson permet d'évaluer directement, en longueurs d'ondes lumineuses du cadmium, la distance comprise entre deux plans parallèles, placés en escalier l'un derrière l'autre; soit l'un en dessus, l'autre en dessous, suivant la disposition connue des étalons Michelson; soit l'un à droite, l'autre à gauche, suivant la disposition qui a été adoptée (et à laquelle se prêtait mieux notre appareil pour l'objet actuel). Supposons donc, placée en arrière du cube de verre construit pour nous par M. Jobin et dont j'ai parlé précédemment, une glace plane, exactement parallèle à la surface antérieure de ce cube, et séparée de sa surface postérieure par une mince lame d'air. Au moyen des franges circulaires, à l'infini, obtenues avec la lumière du cadmium, nous pourrions connaître la distance de la surface antérieure à cette glace, exactement comme nous avons déterminé tout à l'heure la longueur des étalons qui nous ont servi à établir le millimètre et le centimètre en longueurs d'ondes. Cette détermination se fera de même par la simple mesure des *excédents fractionnaires*, avec un peu plus de difficulté sans doute sur une longueur de 5^{cm} environ (et

en abandonnant cette fois la raie violette, qui n'est pas assez monochromatique pour convenir à des mesures à si grande différence de marche), mais avec autant de sûreté et presque autant de précision. D'autre part, si nous laissons ensuite la lumière pénétrer dans la lame mince placée en arrière, nous y obtiendrons aussi des franges que nous pourrons repérer, dans les quatre couleurs du cadmium, à peu près comme dans le dilatomètre Fizeau; et là encore les rapports connus des longueurs d'ondes employées nous donneront la distance des plans qui limitent cette lame. La différence des deux longueurs ainsi mesurées représente la distance de la face antérieure à la face postérieure du cube, c'est-à-dire son épaisseur suivant la direction considérée. Tel est le principe de la méthode. Pour l'appliquer avec succès, il faut avant tout des appareils extrêmement parfaits, des surfaces d'une planimétrie à peu près absolue. D'autre part, il faut satisfaire, dans le réglage et l'exécution des mesures, à un certain nombre de conditions rigoureuses, minutieusement observées. Si M. Jobin est arrivé à construire pour nous des pièces optiques tout à fait remarquables, M. Chappuis est parvenu, de son côté, à triompher de toutes les difficultés qui se sont successivement présentées dans l'application de la méthode.

Pour obtenir des franges dans la lame mince existant en arrière du cube, il est nécessaire que les surfaces limitant cette lame présentent une légère obliquité l'une par rapport à l'autre; sans quoi on obtiendrait une teinte plate uniforme ne pouvant se prêter à aucune mesure. C'est pourquoi le cube ne devait pas être *un cube parfait*, mais avoir des faces opposées faisant entre elles un très petit angle, compris entre 6" et 12". Cette condition a été imposée à M. Jobin, qui y a satisfait avec une rare habileté. Les franges obtenues dans ces conditions se présentent avec un espacement convenable, qui permet de les repérer aisément par rapport à un certain nombre de points marqués sur le plan postérieur. L'épaisseur trouvée pour le cube est celle de la région qui correspond au point moyen des repères.

Le premier cube que nous avons demandé à M. Jobin et que nous avons considéré d'abord comme un simple appareil d'essai, moins soigné dans la construction et un peu moins parfait dans son ensemble, présentait des faces opposées trop rapprochées du parallélisme exact pour qu'on pût opérer dans de bonnes conditions par le procédé précédent. M. Chappuis a pourtant tourné la difficulté en coupant le plan de verre postérieur en deux parties, dont l'une, celle qui était placée derrière le cube, pouvait faire avec l'autre un

petit angle, réglable à volonté, et exactement mesurable, toujours au moyen des franges d'interférence. Ce premier cube a donc pu servir encore, comme on va le voir, à fournir un contrôle des résultats obtenus au moyen du second, celui-ci étant cependant considéré comme ayant été l'instrument principal de cette détermination.

Pour faire les mesures, la face antérieure du cube était recouverte d'une mince couche d'argent, que l'on divisait en quatre parties en y traçant les deux médianes horizontale et verticale. On enlevait ensuite l'argenteure sur deux des carrés ainsi formés, en diagonale, en la laissant subsister seulement sur les deux autres. Les franges circulaires, à l'infini, s'observaient sur les parties argentées; tandis que les parties où le verre était mis à nu permettaient d'observer, en arrière, et à travers l'épaisseur du cube, les franges de Fizeau. On faisait quatre séries d'observations dans une même position du cube, mais en changeant chaque fois la distance de la glace postérieure, puis on le retournait de 180° , de manière à observer sur les champs opposés. La combinaison des deux séries de mesures, ainsi faites en deux points placés symétriquement sur une même diagonale, donne, en admettant la planimétrie des surfaces (ou, s'il y a lieu, en tenant compte des défauts qu'elles présentent), une valeur de la distance des milieux. Une deuxième valeur est obtenue en argentant ensuite les deux parties d'abord non recouvertes de la même face, et en observant dans les positions symétriques différant des premières de 90° . Pour avoir un contrôle, on peut ensuite retourner le cube, de manière à reprendre la même épaisseur, mais en mettant en avant la face qui était en arrière et réciproquement, et recommencer toutes les mesures.

Les mesures des dimensions du cube II ont été effectuées, par la méthode que je viens d'indiquer dans ses traits généraux, à deux époques différentes. Les faces étant numérotées comme celles d'un dé à jouer, M. Chappuis, dans une première série d'opérations, a déterminé la distance des centres des faces opposées [1.6], [4.3], [5.2]. Dans une deuxième série, faite plus tard, le cube était retourné face pour face, et l'on a mesuré les distances [6.1], [3.4], [2.5]. Des mesures semblables ont été faites sur le cube I, mais elles comprennent un nombre d'observations deux fois moindre que les précédentes.

Il faut ajouter que la dilatation du verre avait été au préalable mesurée par M. Chappuis, au moyen de l'appareil Fizeau, sur un échantillon tiré du même bloc que le cube II.

Je reproduirai ici les résultats, à 15° , des mesures de dimensions

faites sur le cube II. Les nombres suivants résultent d'opérations exécutées dans des conditions diverses, avec des réglages entièrement renouvelés à chaque fois, et avec des épaisseurs de la lame d'air postérieure qui ont varié entre des limites très étendues. Elles ont toujours été remarquablement concordantes.

Juin, septembre 1896.

Distances.	En $\frac{1}{2}$ λ rouges	
	du cadmium.	en millimètres.
[1.6].....	154274,73	^{mm} 49,664696
»	154274,85	
[4.3].....	154531,45	49,747314
»	154531,41	
[5.2].....	154100,69	49,608675
»	154100,85	

Décembre 1896, janvier 1897.

[6.1].....	154274,67	49,664639
»	154274,56	
[4.3].....	154531,20	49,747251
»	154531,27	
[2.5].....	154100,56	49,608631
»	154100,71	

Il résulte de ces mesures :

1 ^{re} Série... {	Volume du cube à 15°.....	^{cm³} 122,56742
	» réduit à 0°...	122,51815
2 ^e Série.... {	Volume du cube à 15°.....	122,56693
	» réduit à 0°...	122,51767

Avant de procéder à ces mesures de dimensions, pendant et après celles-ci, les cubes I et II ont été pesés, avec les précautions habituelles, sur nos balances Rueprecht n° 4 et n° 5. Toutes les pesées du cube II ont été exécutées en double au moyen de nos deux séries de poids en platine iridié, désignées par O et Oe, antérieurement étalonnées par nous. Pour le cube I, on s'est contenté de simples pesées, faites seulement avec la série Oe. Je reproduirai encore ici les résultats relatifs au cube II.

Mars 1896, avant les premières pesées hydrostatiques.....	304,938558
Mai 1896, après les premières pesées hydrostatiques.....	304,938315
Octobre 1896, après la première série des mesures de dimensions.....	304,938255
Février 1897, après la deuxième série des mesures de dimensions et avant la deuxième série de pesées hydrostatiques.	304,938247
Mars 1897, après la deuxième série de pesées hydrostatiques.....	304,938110

On constate dans la masse du cube, du commencement à la fin des opérations, une diminution, sensible surtout pendant les pesées hydrostatiques. Le même fait s'est également produit pour le cube I. La diminution pour le cube II a été de $0^{\text{mg}},243$ pendant la première série de pesées hydrostatiques, c'est-à-dire pour un séjour de deux cent seize heures dans l'eau, et de $0^{\text{mg}},137$ pendant la deuxième série, c'est-à-dire pour un séjour de deux cent quarante heures dans l'eau. On peut voir également ci-dessus qu'une diminution du même genre, mais relativement plus faible, se remarque dans les mesures des dimensions. Ce phénomène ne peut guère être attribué qu'à une dissolution du verre dans l'eau, soit pendant les pesées hydrostatiques, soit par suite des lavages fréquemment répétés, nécessités par l'argenture successive des diverses faces. Son influence sur le résultat final du travail peut d'ailleurs être considérée comme entièrement négligeable.

Les pesées hydrostatiques ont été effectuées à la grande balance Sacré, dans le vase de platine qui a été employé antérieurement pour déterminer les volumes des kilogrammes prototypes. Un support en nickel, construit dans notre atelier, permet de saisir le cube sur trois pointes lorsqu'on veut faire osciller l'étrier seul, ou de le replacer doucement sur celui-ci. Le corps plongé dans l'eau est suspendu à un fil fin en platine iridié, dont la surface a été recouverte électrolytiquement de noir de platine. Cette couche très mince d'un corps poreux adhérent au fil assure le mouillage parfait de celui-ci; dans ces conditions, les oscillations de la balance ne sont que très faiblement amorties par l'action de la capillarité, et l'observation de l'équilibre se fait avec autant de sûreté que s'il s'agissait d'oscillations dans l'air. On sait au contraire que l'emploi d'un fil lisse, tou-

jours imparfaitement mouillé, donne lieu à des perturbations qui diminuent notablement l'exactitude des pesées hydrostatiques. Ce procédé, aussi simple qu'ingénieux, est dû à M. F. Kohlrusch, qui l'a décrit dans les *Annales de Wiedemann*, t. LVI, p. 185.

M. Chappuis a fait, sur le cube II, deux séries de douze pesées chacune, avec quatre eaux différentes. Dans les premières, de l'eau de pluie, recueillie avec soin et filtrée, avait été distillée une première fois dans un vase étamé, puis additionnée d'un peu de permanganate de potasse et redistillée d'un grand ballon de verre. Dans les dernières, l'eau a été distillée à plusieurs reprises d'une chaudière en cuivre rouge recouverte intérieurement d'une forte couche d'étain. La vapeur, toujours condensée dans un tube de platine, était recueillie dans une bouteille de même métal. L'eau était ensuite portée à 60° environ, et privée d'air par ébullition prolongée sous le vide. Introduite dans le vase à pesées hydrostatiques par un siphon d'argent plongeant jusqu'au fond, elle était en contact avec l'air de la salle, pendant un temps plus ou moins long, absorbant par sa surface des volumes d'air qui ont été déterminés et dont on a tenu compte dans les réductions.

Voici les densités du verre obtenues pour le cube II, en admettant les valeurs de la densité de l'eau tirées des mesures antérieures de M. Chappuis et publiées dans les *Procès-Verbaux des Séances* de 1892 (Annexe, p. 139).

	Limites des températures de l'eau.	Densité à zéro du cube II.
Avril 1896.....	11°,5 à 14°,5	2,4891765
Février 1897.....	13°,3 à 13°,8	2,4891836

Les nombres précédents pourraient être modifiés de quelques millionièmes, si l'on se basait, pour la réduction des volumes, sur d'autres bonnes déterminations de la dilatation de l'eau.

On voit encore que la densité du cube II a très légèrement augmenté d'avril 1896 à février 1897, fait qui n'a pas lieu de surprendre beaucoup, si on le rapproche des phénomènes connus de contraction que présente le verre, manifestés par les variations du zéro des thermomètres et les déformations spontanées de certains verres optiques. On a vu déjà que les mesures de longueur avaient aussi indiqué une légère variation dans le même sens.

Sans insister sur d'autres détails, qui seront fournis par M. Chap-

puis lui-même, je me bornerai à reproduire ici les conclusions définitives obtenues en combinant les divers résultats que je viens d'indiquer sommairement.

Première détermination.

Volume du cube à 0°, déterminé par les
procédés interférentiels..... $V_0 = 122^{\text{cm}^3}, 51815$

Volume du cube à 0°, déterminé par les
pesées hydrostatiques..... $V_0 = 122^{\text{ml}}, 50569$

d'où l'on tire

$$r^1 = 1000^{\text{cm}^3}, 1017.$$

Deuxième détermination.

Volume du cube à 0°, déterminé par les
procédés interférentiels..... $V_0 = 122^{\text{cm}^3}, 51767$

Volume du cube à 0°, déterminé par les
pesées hydrostatiques..... $V_0 = 122^{\text{ml}}, 50533$

d'où l'on tire

$$r^1 = 1000^{\text{cm}^3}, 1007.$$

J'ajoute que les mesures sur le cube I, dont je n'ai pas reproduit les détails, qui ont été considérées comme devant seulement fournir une vérification, ont été moins complètes et ont compris un ensemble d'observations moitié moindre que chacune des séries précédentes; elles ont donné finalement le résultat suivant :

$$r^1 = 1000^{\text{cm}^3}, 1037.$$

Ainsi, il résulte, en somme, des mesures effectuées par la méthode des interférences, que le kilogramme serait trop lourd, par rapport à sa définition, de 101^{ms} environ.

Il serait prématuré de discuter aujourd'hui cette valeur, qui doit être considérée comme provisoire, jusqu'à ce que les mesures faites par l'autre méthode, et encore bien moins avancées, aient permis de la contrôler et de fixer le résultat définitif de tout notre travail. Je dirai seulement que quelques vérifications ont déjà été faites, permettant d'affirmer la concordance des deux méthodes, dans les limites d'exactitude que comporte chacune d'elles, et par conséquent, au moins, l'absence d'erreurs systématiques importantes

dans l'une ou dans l'autre. En particulier, les dimensions des deux cubes de verre ont été mesurées aussi, par M. Guillaume, au moyen de son appareil à palpeur. Je mets ici en regard les résultats obtenus par les deux procédés :

Cube I à 15°, 0.

Distance. (<i>Méthode interférentielle.</i>)	M. CHAPPUIS. <i>(Méthode des palpeurs.)</i>	M. GUILLAUME. <i>(Méthode des palpeurs.)</i>	Différences G.-C.
	mm	mm	μ
[5-3]...	49,928697	49,92896	+0,26
[1-6]...	49,848783	49,84882	+0,04
[2-4]...	49,907012	49,90742	+0,41

Cube II à 15°, 0.

[1-6]...	49,664639	49,66398	-0,66
[4-3]...	49,747251	49,74708	-0,17
[2-5]...	49,608631	49,60822	-0,41

Les différences sont, comme on voit, de quelques dixièmes de micron; on ne saurait demander plus à la méthode des contacts. Mais il est cependant important de remarquer que, sur des corps de petites dimensions, des différences de cet ordre donneraient déjà lieu à des écarts sensibles dans le résultat final. C'est ainsi que, si l'on calculait les volumes des cubes à 0° par les longueurs obtenues par M. Guillaume, on aboutirait finalement pour le litre aux valeurs suivantes

$$1^l = 1000\text{cm}^3, 1180 \quad \text{et} \quad 1^l = 1000\text{cm}^3, 0751,$$

donnant ainsi un écart de + 17^{mg} et de - 26^{mg} sur la valeur des kilogrammes. Cet exemple suffit pour montrer l'extrême difficulté de cette recherche, la haute précision qu'elle exige dans les mesures, et aussi la nécessité d'avoir recours, pour les mesures par contact, qui sont loin de permettre le même degré de précision absolue dans la mesure des longueurs que les procédés interférentiels, à des solides de dimensions suffisamment grandes.

En dehors du grand travail dont je viens de rendre compte sur la question de la masse du décimètre cube d'eau, complètement terminé aujourd'hui, M. Chappuis a fait une nouvelle détermination de la dilatation de l'eau par la méthode qu'il a décrite dans les *Procès-*

Verbaux de 1892 (p. 139) et en se servant du grand tube de platine iridié qui a déjà été employé comme réservoir dans un certain nombre de recherches pour notre thermomètre à gaz n° 1. Il se propose de compléter encore les résultats de cette étude par de nouvelles observations.

Il s'est occupé en outre avec moi, comme je l'ai déjà dit, de la confection et de l'ajustement de nos nouvelles séries de poids divisionnaires en nickel, et m'a prêté un concours précieux dans la préparation des tubes à cadmium destinés à l'étude des échelles métriques.

Les travaux qui ont occupé M. Guillaume, depuis la dernière réunion du Comité, se rapportent à divers ordres de questions.

J'ai déjà indiqué plus haut qu'il s'était chargé de comparer à nos millimètres étalons les nouveaux millimètres tracés sur nos petites échelles de nickel et déterminés par moi en longueurs d'ondes. Ce travail considérable, qui a comporté plus de 200 séries de mesures et l'a occupé pendant près de deux mois, a conduit finalement à des conclusions qui peuvent se résumer en quelques mots. Notre millimètre *normal* originel, faisant partie de la division de la *Règle normale*, avait été déterminé avec une grande exactitude par l'étalement que j'en avais fait autrefois; les valeurs des millimètres tracés sur notre prototype n° 26, qui ont été dérivées du précédent, sont exactes dans les limites de la précision possible de leur détermination, et il en est par suite de même pour tous les millimètres déterminés en même temps, qui sont portés par les prototypes que nous avons distribués en 1889. Par contre, le millimètre normal lui-même a subi depuis lors une légère variation, par suite, sans aucun doute, d'un peu d'usure ou d'altération dans les traits limitatifs; usure qui n'a rien de surprenant pour une règle tracée sur argent, qui est constamment en service, et a dû nécessairement subir quelques nettoyages. Cette variation s'est trouvée vérifiée par la nouvelle valeur résultant de ces mesures et à attribuer au millimètre de la Règle type III, qui avait été établie postérieurement. L'exactitude de notre unité micrométrique se trouve ainsi assurée dorénavant avec une certitude parfaite; mais nous voyons en même temps qu'il n'y a rien à modifier dans les valeurs que nous avons précédemment données pour les millimètres étalons distribués par nous. Ce n'est guère que pour les quelques règles qui ont été demandées et livrées postérieurement à 1889, qu'il y aurait sans doute lieu d'introduire quelques très légères corrections.

L'appareil exécuté par MM. Bariquand et Marre, sur les plans de M. Guillaume, et destiné à la mesure des volumes de nos cylindres par le procédé des palpeurs, avait été, comme je l'ai déjà rappelé, livré au Bureau par les constructeurs en septembre 1895. Mais il restait, pour pouvoir le mettre en service, à le compléter par certains organes accessoires dont on n'avait pu encore s'occuper, et à en réviser et régler minutieusement toutes les parties. L'exactitude de l'application de la méthode dépend en effet, dans une très large mesure, de la perfection de tous les réglages préliminaires, auxquels on ne saurait apporter trop d'attention ni de soin. Ils ont été facilités d'ailleurs par la qualité satisfaisante de la construction originelle, et aussi par la bonne grâce avec laquelle les constructeurs se sont prêtés à exécuter toutes les petites retouches qui leur ont été demandées. Cette révision une fois terminée et l'instrument installé à sa place, dans notre comparateur universel, M. Guillaume l'a immédiatement employé pour toute une série d'études ayant pour but, autant de soumettre à quelques épreuves à la fois la méthode et l'appareil, avant de les appliquer aux importantes et délicates mesures relatives à la question de la masse du décimètre cube d'eau, que de donner satisfaction à un certain nombre de demandes qui nous avaient été faites, pour diverses déterminations auxquelles ce dispositif nouveau pouvait convenir particulièrement, et qui amenèrent à y ajouter encore certains perfectionnements et diverses pièces de support ou de réglage, construites dans notre atelier. C'est ainsi que furent successivement déterminés onze étalons à bouts, en acier, de diverses longueurs, appartenant au Service technique de l'Artillerie, et deux étalons de la maison Bariquand et Marre. M. Guillaume a fait ensuite, par ce procédé, à titre de vérification, la mesure des deux cubes de verre déterminés par M. Chapuis en longueurs d'ondes, ainsi que de deux lames de quartz dont les épaisseurs avaient été déjà obtenues par M. Macé de Lépinay par la méthode des franges de Talbot. J'ai signalé plus haut les résultats de quelques-unes de ces vérifications.

Ces vérifications faites, et l'appareil ayant été ainsi en service, amélioré d'abord, puis rectifié et éprouvé pendant près d'une année, dans les conditions les plus variées, M. Guillaume a pu commencer l'étude des cylindres en vue desquels il avait été spécialement construit. Ceux-ci d'ailleurs avaient été déjà, en même temps, soumis à une première série de recherches ayant pour objet de déterminer les angles compris entre leurs bases et leurs génératrices. On a trouvé que, pour tous, cet angle ne diffère d'un droit que d'une quantité

très petite, ne dépassant dans aucun cas $30''$ d'arc. Cette condition était utile à remplir, non seulement pour la facilité et l'exactitude de la détermination de la forme rigoureuse de ces solides, mais aussi en vue de rendre le réglage des expériences plus aisé et leur exécution plus rapide. Par exemple, dans la mesure de la hauteur ou distance des deux bases, le cylindre doit être réglé de telle sorte que ces bases soient aussi exactement que possible perpendiculaires à la droite qui joint les centres de courbure des calottes sphériques terminant les palpeurs. Une fois ce réglage effectué, on fait, pour les mesures successives, tourner le cylindre autour de son axe, en agissant sur les rouleaux qui le supportent. Il est important que, dans ce mouvement de rotation, le réglage des bases se maintienne aussi bien que possible, afin d'éviter d'avoir à y retoucher dans chaque cas, ce qui exigerait du temps, détruirait l'équilibre de température, obligerait par suite à attendre, et rendrait les observations extrêmement lentes. La construction des cylindres, aussi bien que de leurs supports, donne heureusement toute sécurité à cet égard.

Les mesures dont je viens de parler ont été faites en observant les déplacements qu'éprouve l'image d'une échelle divisée réfléchie sur l'une des bases du cylindre, lorsque ce dernier exécute une révolution entière autour de son axe. Dans cette opération, le cylindre à examiner reposait sur deux rouleaux parallèles, destinés à le porter ultérieurement dans les mesures à faire de la distance de ses bases. On éliminait les erreurs systématiques pouvant provenir de ces derniers, en répétant l'opération pour divers points de départ des rouleaux. Ces mesures permettent d'arriver à une précision de $2''$ ou $3''$ d'arc, précision bien supérieure aux besoins des déterminations ultérieures.

Je n'insisterai pas sur d'autres travaux préliminaires : dressage des coulisses, mesure de la position des centres de courbure des calottes sphériques terminant les palpeurs, etc., qui toutes cependant ont leur importance au point de vue de l'exactitude du résultat final et ont exigé des soins minutieux.

Je me bornerai à décrire sommairement les opérations déjà faites sur le plus petit des cylindres préparés pour ce travail. Ce cylindre est en bronze blanc, alliage de cuivre et nickel. Les dimensions sont approximativement de 65^{mm} dans tous les sens.

On a commencé par les mesures des diamètres. Le cylindre est placé, dans la position verticale de son axe, sur une plate-forme divisée sur son pourtour, portant tous les organes de réglage et munie, en particulier, d'une vis à tête graduée ayant une course

assez étendu, et permettant de la déplacer d'avant en arrière de quantités exactement mesurables. On peut ainsi donner au cylindre, placé entre les palpeurs, diverses positions, symétriques par rapport au diamètre que l'on se propose de mesurer, et déduire avec précision la position de ce dernier de l'égalité de deux cordes parallèles situées à une petite distance en avant et en arrière. Le réglage une fois obtenu sur un diamètre, il suffit de faire tourner la plate-forme pour amener successivement entre les palpeurs les divers diamètres d'une même section droite. Un déplacement vertical, fait à l'aide d'une vis, permet de passer d'une section droite à une autre, presque sans dérégler l'instrument, de telle sorte que, après ce déplacement, le nouveau réglage est obtenu très rapidement.

Les mesures ont porté sur 14 sections droites, dans chacune desquelles on a déterminé 4 diamètres, chacun dans deux positions inverses du cylindre par rapport aux palpeurs, soit en tout 112 mesures, espacées de 5 en 5 millimètres, à partir d'une section située à 1^{mm} de chacune des bases. Ces mesures ont montré l'égalité parfaite des divers diamètres, dans une même section, tandis que ces diamètres varient très légèrement d'une section à l'autre. La forme générale de la surface se rapproche d'un hyperboloïde de révolution, avec une courbure intérieure au voisinage des bases. Les sections successives varient d'ailleurs assez régulièrement pour qu'il ait été possible de réunir par une courbe leurs points figuratifs, et de prendre ensuite, comme valeur moyenne du diamètre, l'ordonnée moyenne de la courbe.

Pour les mesures de la distance des bases, le cylindre était porté sur les deux rouleaux dont j'ai déjà parlé, qui l'entraînaient dans leur mouvement de rotation. On cherchait sa position exacte entre les palpeurs, position dans laquelle ses bases doivent être normales à la ligne des centres de courbure des calottes, en faisant tourner le cylindre autour d'un axe vertical, et en déterminant deux positions symétriques pour lesquelles la mesure faite par les palpeurs donne deux valeurs égales. Les déterminations faites, respectivement, à 1^{mm}, à 10^{mm} du bord, et au centre des bases, ont donné des hauteurs variant un peu suivant la position du cylindre et indiquant que les bases font entre elles un très petit angle, comme on l'avait déjà constaté par un autre procédé. Les variations de la hauteur ont le caractère sinusoïdal, avec une amplitude décroissante de la périphérie au centre, ce qui doit être en effet si les surfaces des bases sont planes. Elles tendent cependant à augmenter très légèrement du bord au centre, indiquant une faible convexité avec un

rayon de courbure moyen de 600 mètres environ. Ces résultats sont une confirmation du soin et de l'habileté avec lesquels notre mécanicien, M. Huetz, a construit nos cylindres.

Je dois ajouter que, au cours des précédentes mesures, M. Guillaume a fait une cinquantaine de déterminations de la *constante* de l'appareil de contact, lesquelles n'ont indiqué aucune modification systématique, par conséquent aucune déformation appréciable des calottes sphériques depuis l'origine jusqu'au moment actuel.

Les mesures dont je viens de parler donnent, tous calculs faits, pour le cylindre dont il s'agit, un volume réduit à 0°, égal à :

$$V_0 = 213^{\text{cm}^3}, 74148.$$

D'autre part, ce même cylindre a été pesé par M. Chappuis, dans l'air et dans l'eau, au moyen de notre plus grande balance. Sans entrer dans d'autres détails sur ces pesées, je dirai qu'elles ont donné, pour le même volume, la valeur suivante :

$$V_0 = 213^{\text{ml}}, 71978.$$

En combinant les nombres qui précèdent, on en déduit :

$$1^1 = 1000^{\text{cm}^3}, 1015.$$

Nous devons considérer ce résultat, qui dérive d'opérations encore incomplètes, comme provisoire. On voit cependant qu'il confirme, et même avec une précision dont une part sûrement est due à un hasard heureux, les résultats donnés ci-dessus et obtenus par la méthode interférentielle.

Les opérations sur les cylindres vont être continuées et poursuivies sans interruption jusqu'à l'achèvement complet du travail, dont les premiers résultats, que je viens de reproduire dans ce Rapport, permettent déjà d'augurer l'heureux succès.

Je dirai maintenant quelques mots d'une autre recherche, à laquelle M. Guillaume a consacré un labeur assidu pendant la seconde moitié de l'année dernière, et sur laquelle il présentera lui-même au Comité un Rapport plus détaillé. Il s'agit de l'examen d'un groupe d'aciers au nickel, doués de propriétés tout à fait inattendues et singulières, et présentant un haut intérêt et peut-être une importance capitale au point de vue de leurs applications possibles en métrologie. Dans mon précédent Rapport, j'avais déjà signalé l'anomalie extraordinaire que j'avais constatée en mesurant la dilatation

d'une barre d'acier nickel chromé, à 22 pour 100 de nickel, dilatation qui s'était trouvée de l'ordre de grandeur de celle des laitons et des bronzes. Cette tige d'acier avait été préparée dans les aciéries d'Imphy, de la Société de Commentry-Fourchambault. Plus tard, M. Dumas, Secrétaire général de cette Société, qui nous a prêté, avec une inépuisable bonne grâce, son concours dans toute la série d'études dont je vais parler, nous ayant remis une autre barre d'un acier plus riche en nickel, M. Guillaume reconnut que la dilatation de ce nouvel acier était, au contraire, très petite, d'un tiers environ plus faible que celle du platine. L'anomalie positive était donc suivie d'une anomalie négative dont l'existence n'avait pas été soupçonnée jusqu'à ce moment. Ces observations furent le point de départ de tout un travail considérable, qui conduisit finalement à établir la formule d'un alliage dont la dilatation n'est que de 0^m,9 environ par mètre et par degré.

Au cours de cette recherche, M. Guillaume eut à mesurer les dilatations de dix-huit règles de teneurs diverses. Ces mesures furent faites de deux façons : d'abord entre les limites de température ordinaires, c'est-à-dire de 0° à 40°, par le comparateur, et avec le degré de précision habituel; et deuxièmement, d'une manière plus expéditive et moins parfaite, mais encore suffisamment exacte pour suivre la marche des phénomènes jusqu'à des températures beaucoup plus élevées, au moyen d'une chaudière dans laquelle les barres pouvaient être portées, dans un bain d'huile, à des températures allant jusqu'un peu au-dessus de 200°. Je me bornerai à résumer en quelques mots les résultats obtenus.

Les dilatations, normales jusqu'à une teneur de 20 pour 100 environ de nickel, augmentent rapidement au delà; atteignent, vers 24 pour 100, la valeur de celle du laiton; puis décroissent progressivement jusque vers 36 pour 100, où l'on trouve un minimum assez étendu. Elles remontent ensuite vers la valeur normale, qui est atteinte seulement au delà de 45 pour 100. Entre 30 pour 100 et 40 pour 100, tous les alliages de fer et nickel possèdent des dilatations inférieures à toutes celles qui avaient été jusqu'à ce jour mesurées dans les métaux. Au point minimum, la dilatation est de l'ordre du dixième de celle du platine.

Ces bizarreries dans cette propriété particulière de ces alliages ne sont point isolées, et se retrouvent dans des variations analogues d'autres propriétés. C'est ainsi, par exemple, que le maximum et le minimum de dilatation, suivant la teneur en nickel, coïncident très exactement avec les valeurs correspondantes du module d'élasticité.

Quant à la densité, trop irrégulière pour que l'on puisse parler d'un maximum ou d'un minimum, elle est nettement en excès au voisinage du maximum de dilatation, et en défaut dans l'anomalie négative.

Les particularités que présentent ainsi, à divers points de vue, ces alliages paraissent liées à leur état magnétique, sur lequel M. Guillaume a également fait quelques études rapides. Tous les alliages de fer et nickel perdent leur magnétisme à des températures plus ou moins élevées, et le reprennent, soit aux mêmes températures, soit à des températures plus basses, suivant le groupe auquel ils appartiennent. Dans les aciers voisins du minimum de dilatation, la transformation magnétique est sensiblement réversible. La transformation de l'état magnétique à l'état non magnétique coïncide toujours avec un changement dans la dilatation. Lorsqu'on dépasse le point de transformation, la dilatation augmente très rapidement, la ligne représentant les allongements en fonction des températures présentant alors une courbure très accentuée; ensuite, lorsque la transformation est devenue complète, le rapport des allongements aux accroissements de température redevient sensiblement linéaire; mais le coefficient possède une valeur très supérieure à celle qu'il avait en dessous de la transformation. Plusieurs des aciers-nickels ainsi traités possèdent, dans la partie supérieure, une dilatation de l'ordre de celle des aciers ordinaires, ou même plus grande.

La température de transformation s'élève en même temps que la teneur en nickel; pour les alliages les moins dilatables, elle se trouve au delà de 200°, propriété qui permet de mettre à profit, pour certaines applications, la faible dilatabilité de ces alliages, au moins entre 0° et 200°. L'analogie avec les alliages voisins permet de supposer que la même loi s'étend aux températures inférieures à zéro.

Tous les alliages étudiés au cours de ce travail subissent, avec le temps, de petites variations, que l'on active beaucoup par un recuit convenablement dirigé, et qui sont ensuite très atténuées. Dans les meilleurs, elles atteignent 1^μ à 2^μ dans le premier mois qui suit le recuit à 100°; dans le mois suivant, elles sont encore de 1^μ environ, après quoi elles deviennent difficilement perceptibles. Notre expérience est encore trop récente pour qu'il soit possible de dire, dès à présent, si l'on pourra arriver à les faire disparaître entièrement. Les applications que l'on peut prévoir de ces métaux dans la Métrologie, et pour lesquelles leurs propriétés seraient si précieuses, dépendront évidemment de cette permanence avec le temps, sur laquelle nous

ne pouvons encore nous prononcer en parfaite connaissance de cause.

Les travaux dont je viens de parler ont encore laissé à M. Guillaume le temps de déterminer un certain nombre d'étalons de longueur. En dehors des étalons à bouts déjà mentionnés, je signalerai trois règles à traits appartenant à la maison Bariquand et Marre, une règle destinée à l'Université de Kharkhow, une règle en bronze de la Société genevoise, une autre de l'Université de Tokio, trois règles en nickel pour l'Université de Cleveland, pour l'École Polytechnique de Budapest et pour le Bureau de Métrologie de Bruxelles.

Je dirai, à ce propos, que les dernières règles de nickel étudiées au Bureau témoignent, par l'uniformité de leur dilatation, d'une grande régularité dans la fabrication de ce métal, dont la qualité s'est en outre notablement améliorée depuis les premières études que nous en avons faites. Les modèles de polis et de tracés qui ont été établis dans notre atelier ont eu aussi une action favorable sur la construction des règles divisées. Celles que construit aujourd'hui la Société genevoise paraissent, à ces divers points de vue, à peu près irréprochables.

Si l'étude des étalons de longueur est allée en progressant depuis quelques années, au point de vue du nombre des demandes qui nous sont faites, il n'en est pas de même des études thermométriques, pour lesquelles je dois signaler un ralentissement, dû, il faut le dire, en grande partie, à la négligence et à l'inertie, déjà signalées par moi antérieurement, mais de plus en plus marquées, de notre constructeur habituel. Certaines commandes restent en souffrance pendant plusieurs années, et finissent souvent par être annulées. D'autres sont retenues, par crainte de leur non-exécution. Nous avons dû intervenir plus d'une fois personnellement pour faire activer la livraison de thermomètres demandés depuis de longs mois, sans y parvenir toujours. Nous espérons que M. Louis Baudin, qui a déjà accepté de nous quelques commandes, se décidera à entreprendre d'une façon régulière la fabrication de nos modèles, et que nous arriverons, grâce à lui, à éviter dans l'avenir ces invraisemblables lenteurs, aussi préjudiciables à nos propres services qu'aux sciences de précision en général.

La section de Thermométrie, qui fonctionne, comme par le passé, sous la direction et avec la collaboration de M. Guillaume, a pour-

tant étudié encore, dans la période qui vient de s'écouler, un certain nombre de thermomètres nouveaux, désignés ci-après :

1° *Pour le Bureau*, 6 thermomètres à une ampoule, échelle (100.200), construits par M. Baudin. L'un d'eux est en verre 5g^{III} du laboratoire d'Iéna. J'ai déjà dit que ce verre, dont nous aurions désiré avoir un plus grand nombre de thermomètres, présente l'inconvénient de se graver avec une extrême difficulté, et mal, par l'acide fluorhydrique. Les thermomètres de cette série sont ceux qui sont destinés à poursuivre les études entre le thermomètre à mercure et le thermomètre à gaz aux températures supérieures à 100°, conformément à l'un des articles de notre programme, qu'il a été impossible de pousser plus loin cette année, mais qui va être repris prochainement.

2° *Pour différents laboratoires*, 8 thermomètres de divers modèles, dont 5 ont été en outre comparés à nos étalons.

Je ne voudrais pas abandonner ce sujet sans signaler, dans le but de mettre en garde les intéressés, les graves dangers que fait souvent courir à ces fragiles instruments leur envoi comme colis par chemin de fer ou bateaux, et dont nous avons eu récemment une nouvelle et fâcheuse démonstration. Trois thermomètres nous avaient été demandés pour le laboratoire de Physique de l'Université Johns Hopkins, à Baltimore; destinés à des comparaisons avec les étalons du professeur Rowland, ils avaient été étudiés et comparés avec le plus grand soin à nos étalons. Ils furent expédiés par les soins de M. Tonnelot; mais, lorsqu'ils arrivèrent à l'Université Johns Hopkins, un seul était intact; les deux autres avaient été brisés près de leur extrémité supérieure, cassée à quelques centimètres du bout. Ils furent renvoyés à Breteuil, purent être réparés par M. Tonnelot, furent ensuite étudiés de nouveau, puis envoyés en Angleterre à M. le professeur Ames, qui se chargea de les transporter à Baltimore. Cette fois ils arrivèrent sans encombre. Cet accident a entraîné une grande perte de temps et a occasionné un travail supplémentaire assez considérable.

En examinant de près la nature et la forme de la cassure, il nous a semblé qu'elle pouvait difficilement avoir été produite par un simple choc du thermomètre dans son étui, et portait plutôt le cachet d'un acte de malveillance ou de maladresse. Je rappellerai que, antérieurement, un autre thermomètre envoyé à la Smithsonian Institution à Washington, par les soins de M. Tonnelot, a été perdu,

au passage de la douane aux États-Unis, sans qu'il ait jamais été possible de découvrir ce qu'il était devenu. Quoi qu'il en soit des causes de ces accidents, ils nous ont engagés à être de plus en plus réservés pour l'expédition des thermomètres; nous ne prenons aucune responsabilité quant aux conséquences de ce mode de transport, lorsqu'il nous est expressément demandé, et nous ne saurions trop engager les intéressés, en général, à faire retirer ces instruments par quelque intermédiaire capable d'assurer leur transmission avec plus de sécurité.

Je dirai encore, à propos de la section de Thermométrie, que notre Notice explicative, destinée à accompagner les certificats des thermomètres à mercure étant à peu près épuisée, nous l'avons fait réimprimer sous une forme nouvelle. Depuis que cette Notice avait été rédigée pour la première fois, le Bureau a créé de nombreux types de thermomètres, dont il y avait lieu de tenir compte. De plus, l'extension des comparaisons avec le thermomètre à gaz, d'une part jusqu'au point de congélation du mercure, d'autre part jusqu'à 200°, et les études faites sur la variation du zéro jusqu'à cette dernière température, nous ont permis d'ajouter d'utiles documents à cette brochure.

M. Guillaume a continué à s'occuper, avec l'assistance de nos Aides, de la Bibliothèque, sur laquelle j'ai peu de choses à dire, et qui continue à s'accroître régulièrement par les dons toujours plus nombreux qui nous parviennent. Je signale en particulier l'envoi très important que nous a fait l'Académie des Sciences de Turin de la collection de ses publications, envoi que nous avons dû à l'initiative de notre très regretté collègue M. Ferraris. Nous avons pu, en outre, faire quelques achats, parmi lesquels je mentionnerai celui d'une quarantaine de volumes des *Fortschritte der Physik*, grâce auquel nous possédons maintenant la collection complète de cette utile publication.

En terminant ce trop long Rapport, je rappellerai que l'un des articles de notre programme portait la continuation des études sur les résistances électriques au point de vue thermométrique. Voilà déjà plusieurs années que cette question, qui aurait pourtant un très réel et très sérieux intérêt pour nous, revient périodiquement, toujours à l'état de desideratum pour l'avenir, sans que jamais nous ayons pu, sans cesse absorbés par des travaux plus pressants, trouver le temps de la reprendre, et de donner une suite aux pre-

mières recherches que M. Guillaume avait entreprises sur ce sujet. Mais une circonstance se présente, qui pourrait nous permettre, non seulement de lui donner une nouvelle impulsion, mais peut-être de la mener à bout d'ici à un avenir peu éloigné. M. Charles Chree, l'éminent directeur du Kew Observatory, nous demande la permission d'envoyer prochainement à Breteuil M. le Dr Harker, avec la mission de venir comparer son thermomètre à résistance de platine avec notre thermomètre à gaz. M. Harker apporterait son thermomètre et les instruments accessoires qui seraient nécessaires. Je rappellerai que les savants anglais, en particulier MM. Callendar et Griffiths, de Cambridge, ont déjà fait de longues et remarquables études sur cette question, dont s'est occupé aussi spécialement M. Harker. J'ajoute que déjà nous avons été en relations avec M. Griffiths, auquel nous avons fourni des thermomètres étudiés par nous, qu'il a comparés à son thermomètre à résistance et qui ont conduit à des résultats intéressants. Nous devons donc accepter, je crois, avec plaisir, la demande de M. Charles Chree, et nous n'avons qu'à bénéficier de la collaboration qui nous est proposée avec un savant distingué, qui nous apportera, dans l'étude d'une question avec laquelle il est déjà familiarisé, le secours d'une expérience acquise par des travaux antérieurs.

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

ANNEXE.

Liste des certificats délivrés du 1^{er} septembre 1895 au 1^{er} avril 1897.

1.	1895. Sept. 1 ^{er} .	1 thermomètre Tonnelot n° 11146.....	{	Chambre Centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe.
2.	» » 12.	1 thermomètre Tonnelot n° 11497.....	{	Université d'Upsal.
3.	» » 14.	1 thermomètre Tonnelot n° 11492.....	{	École Polytechnique de Budapest.
4.	» » .	1 thermomètre Tonnelot n° 11498.....	{	Id.
5.	» » 17.	1 thermomètre Tonnelot n° 11164.....	{	Institut météorologique de Roumanie.

6.	1895. Sept. 18.	1 thermomètre Tonnelot n° 11157.....	} Chambre Centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe.
7.	» » 19.	1 thermomètre Tonnelot n° 11044.....	
8.	1896. Janv. 10.	1 règle en bronze phos- phoreux S. I. P. n° 43.....	} Institut de Physique de l'Université impériale de Tokio.
9.	» Févr. 4.	1 règle en bronze blanc S. I. P. n° 4.....	
10.	» » 4.	1 règle en laiton, tracée sur argent S. I. P. n° 48.....	} Société Genevoise pour la construction d'instru- ments de physique.
11.	» » 12.	1 kilogramme en platine.	
12.	» » 16.	1 thermomètre Tonnelot n° 11811.....	} Laboratoire de Physique de Johns Hopkins Uni- versity, Baltimore.
13.	» » 16.	2 thermomètres Tonnelot n°s 11800-01.....	
14.	» » 19.	1 thermomètre Tonnelot n° 4918.....	} South Kensington Museum de Londres.
15.	» Mars 9.	1 thermomètre Tonnelot n° 11563.....	
16.	» » 9.	1 thermomètre Tonnelot n° 11810.....	} Id.
17.	» Avril 3.	1 baromètre n° 2367....	
18.	» » 8.	1 livre russe et un poids de 500 ^g en quartz.	} Chambre Centrale des Poids et Mesures de Saint-Pétersbourg.
19.	» » 20.	2 étalons du Yard n° 12 et P. C. VI, métal de Baily.....	
20.	» Juill. 13.	1 règle en bronze blanc S. I. P n° 7.....	} Observatoire météorolo- gique de l'Université d'Odessa.
21.	» » 18.	Dilatation de la règle d'acier AP.....	
22.	» Nov. 12.	1 règle de pied à cou- lisse Bariquand....	} Bariquand et Marre, à Paris.
23.	» » 12.	1 règle de pied à cou- lisse Bariquand....	

24.	1896. Nov. 14.	1	règle en nickel S. I. P. n° 11.....	{	Société Genevoise pour la construction d'instru- ments de physique.
25.	» » 18.	2	thermomètres Tonnelot, n°s 11804-05.....	{	Normal Aichungs Kommis- sion de Berlin.
26.	» » 18.	1	règle étalon en acier Bariquand.....	{	Bariquand et Marre, à Paris.
27.	» » 24.	2	étalons à bouts Bari- quand n°s 3 et IV..	}	Id.
28.	1897. Févr. 25.	1	règle en nickel S. I. P. n° 9.....	{	Bureau de Météorologie de Bruxelles.
29.	» » 27.	1	thermomètre Tonnelot n° 11800 (1).....	{	Johns Hopkins University, Baltimore.
30.	» » 27.	1	thermomètre Tonnelot n° 11811 (1).....	}	Id.
31.	» Mars 20.	9	étalons à bouts.....	{	Service technique de l'Ar- tillerie.

M. le PRÉSIDENT relève avec satisfaction la grande portée de plusieurs des travaux dont ce Rapport contient l'exposé, et, en renvoyant la lecture de la dernière partie à la prochaine séance, il invite le Comité à nommer les deux Commissions qu'on a l'habitude de désigner. Il propose de former :

La *Commission des Comptes et des Finances*, de MM. ARNDTSEN, BERTRAND et CHANEY, auxquels s'adjoindront MM. FOERSTER et BENOÎT.

La *Commission des Instruments et des Travaux*, de MM. DE BODOLA, HEPITES, VON LANG, MENDELEEFF et THALÉN.

Ces propositions ayant été acceptées, les Commissions sont invitées à se constituer sans retard et à soumettre leurs rapports au Comité le plus tôt possible.

La prochaine séance est fixée au jeudi 15 avril, à 2^h 30^m.

La séance est levée à 5^h.

(1) Après réparation. Voir p. 82.

PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE

Judi 15 avril 1897,

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, BENOÎT, BERTRAND, DE BODOLA, CHANEY, HEPITES, HIRSCH, VON LANG, MENDELEEFF, THALÉN.

Sur l'invitation de M. le Président, MM. CHAPPUIS et GUILLAUME, Adjointes du Bureau, assistent à la séance.

La séance est ouverte à 2^h30^m.

Le procès-verbal de la première séance est lu et adopté après que le Secrétaire a tenu compte d'une observation de M. Mendeleeff.

Le Secrétaire communique d'abord au Comité les excuses de M. de Macedo, qui se trouve empêché, par une indisposition, d'assister à la séance.

Il rappelle ensuite que le Comité devra prochainement remplacer les deux Membres regrettés qui lui ont été récemment enlevés par la mort. Il cite à cet égard les dispositions contenues dans le Règlement annexé à la Convention. L'article 14 dispose : « Le Comité international remplit provisoirement les vacances qui pourraient se produire dans son sein ; ces élections se font par correspondance, chacun des Membres étant appelé à y prendre

part. » En outre, le troisième alinéa de l'article 10 stipule : « Une fois constitué, le Comité ne peut procéder à de nouvelles élections que trois mois après que tous les Membres en auront été avertis par le bureau du Comité. »

Pour satisfaire à cette dernière prescription, le bureau se permet aujourd'hui d'avertir le Comité que dans trois mois il provoquera les deux élections par correspondance.

En même temps, le Secrétaire estime qu'il serait utile de donner lieu, dans un entretien confidentiel, à des propositions sur des candidatures, et de préparer ainsi des élections répondant le mieux aux intentions du Comité. En outre, le bureau serait ainsi mis en mesure de faire les démarches préalables pour s'assurer à temps de l'acceptation éventuelle des candidats, et s'informer si les choix prévus seraient agréables aux Gouvernements intéressés.

Le Comité approuve le procédé indiqué par le bureau.

M. VON LANG dépose sur le bureau, de la part du Ministère du Commerce d'Autriche, le volume supplémentaire de l'Ouvrage *Lois et Règlements sur les Poids et Mesures en Autriche*, publication officielle très complète et très méritoire due aux soins de M. le Dr von Thaa, Conseiller aulique au Ministère du Commerce, à Vienne.

M. ARNDTSEN soumet au Comité la proposition de distribuer à l'avenir, sous forme d'épreuves imprimées, les principaux rapports qui doivent être lus en séance, afin que les Membres puissent se rendre compte plus facilement de tous les détails de chiffres, des expériences, etc., contenus dans ces importants documents.

M. HIRSCH comprend parfaitement les motifs qui ont dicté à M. Arndtsen sa motion; il signale cependant quelques difficultés pratiques, surtout en ce qui concerne le Rapport du Secrétaire, qui doit comprendre les faits jusqu'à l'ouverture de la session. Quant au Rapport du Directeur, beaucoup plus étendu et plus compliqué, il fau-

drait, pour éviter les frais d'une double impression, faire composer ces épreuves dans le même format et avec les mêmes caractères que les *Procès-verbaux*, ce qui entraîne la nécessité de conserver la composition pendant des mois entiers.

M. MENDELEEFF ne voit aucune difficulté à imprimer en quelques jours les Rapports destinés à être présentés en séance.

M. BENOÎT fait remarquer que son dernier Rapport, par exemple, contient 76 grandes pages de manuscrit serré, accompagné souvent de nombreux Tableaux de chiffres et parfois de diagrammes, de sorte que la composition nécessitera certainement plusieurs semaines.

M. le PRÉSIDENT estime qu'en raison des difficultés pratiques signalées, il convient de renvoyer la motion de M. Arndtsen au préavis de la Commission des Travaux.

M. le PRÉSIDENT donne la parole à M. CHANEY pour saisir le Comité d'une importante question qui, en Angleterre, préoccupe actuellement une partie du monde scientifique et technique, en vue de l'introduction prochaine du Système métrique.

M. CHANEY désire appeler l'attention du Comité sur un point qui ne sera pas sans importance pour l'emploi des mesures métriques. De nombreux chimistes et pharmaciens ont pris l'habitude de faire marquer ou graduer leurs mesures de volume, de manière qu'elles représentent les capacités voulues à la température de $15^{\circ},5$; une mesure en verre, par exemple, de 100cm^3 , contiendra 100^{g} en poids d'eau distillée à $15^{\circ},5$, ce qui équivaut à environ 100^{g} , 16 à 4°C . D'après cela, il semble que les pharmaciens anglais se servent de deux séries différentes de mesures métriques de capacité, dont l'une est basée sur la tempé-

rature normale de 4° C., et l'autre sur la température d'usage de 15°, 5.

Or le *General Medical Council* anglais, occupé actuellement à élaborer une nouvelle pharmacopée pour l'Angleterre, désirerait connaître l'avis du Comité international des Poids et Mesures sur cette question.

M. HIRSCH ajoute que cette motion de M. Chaney paraît avoir un caractère d'urgence, attendu que le Medical Council doit se réunir très prochainement pour statuer, entre autres, sur cette question du litre, et que M. Chaney qui, d'accord avec le Comité international, reconnaît l'importance de conserver intactes les unités métriques, désire pouvoir produire, dans cette séance du Conseil médical anglais, une résolution du Comité international. Il est donc indiqué de se prononcer dès aujourd'hui, sans renvoyer la question d'abord à l'examen préalable d'une commission. Cette résolution à prendre, que le Comité doit être reconnaissant à M. Chaney d'avoir provoquée, semble d'autant plus importante qu'on sait que le projet de loi introduisant le Système métrique en Angleterre doit être présenté par le Gouvernement aux Communes dans la session actuelle. Du reste, M. Hirsch espère que le Comité n'hésitera pas à affirmer la nécessité de maintenir l'intégrité des mesures métriques, tout en concédant peut-être quelques facilités pratiques pour l'ajustage et la vérification des mesures de capacité.

M. MENDELEEFF croit devoir faire remarquer, à cette occasion, que la définition du litre par le volume d'un kilogramme d'eau, à la température de 4° C., présente une lacune, car il faudrait encore indiquer la pression pour laquelle la définition est valable. On connaît aujourd'hui la compressibilité de l'eau, et, par conséquent, on sait que les différences de pression suffisent pour modifier sensiblement le volume d'une masse donnée d'eau. Il lui semble donc qu'il conviendrait de compléter la définition

du litre en indiquant qu'elle se rapporte à la pression normale.

M. BERTRAND constate que la loi établissant le Système métrique définit le litre d'une manière purement géométrique, comme étant le volume d'un décimètre cube; cette définition ne comporte pas la nécessité de tenir compte ni de la température ni de la pression.

M. DE BODOLA est d'avis que le point soulevé par M. Mendeleeff n'a pas de rapport direct avec la demande de M. Chaney qui, loin de vouloir modifier la définition légale du litre, tend à éviter la création, en Angleterre, d'un nouveau litre différent de l'unité métrique de volume, laquelle, comme M. Bertrand vient de le rappeler, est indépendante de la relation avec l'unité de poids.

M. FOERSTER rappelle que si, à l'origine du Système métrique, la définition du litre était simplement le volume d'un décimètre cube, le Comité international, dans la session de 1880, a pris, sur la proposition de M. Broch, la résolution suivante : « Le Comité international adopte, pour ses publications et pour son usage officiel, le mot *Litre* pour exprimer le volume d'un kilogramme d'eau pure au maximum de densité. » Le Comité a été guidé, dans cette résolution, par le fait que, dans la pratique des opérations d'ajustage et de vérification des mesures de volume, on ne peut pas se passer de faire intervenir la pesée, de sorte qu'il fallait lier la définition du litre avec le volume de la masse d'un kilogramme d'eau, ce qui oblige à fixer la température et la pression.

M. Foerster, tout en reconnaissant ce qu'il y a de justifié dans l'observation de M. Mendeleeff, qu'on pourra renvoyer utilement à la Commission des Travaux, estime cependant qu'elle ne touche pas à la déclaration qu'il s'agit de prendre aujourd'hui sur l'initiative de M. Chaney. Quant à la résolution elle-même, M. Foerster tient à mentionner qu'en Allemagne une tendance analogue à celle

qui se produit actuellement en Angleterre, était parvenue à créer, à côté du litre métrique, le *litre de Mohr*, contenant mille grammes d'eau pure pesée dans l'air à la température de $17^{\circ},5$ C., ce qui avait pour conséquence que cette mesure était de $2^{\text{cm}^3} \frac{1}{3}$ plus grande que le litre normal. Mais on a réussi dernièrement à supprimer ce dualisme, en faisant la concession que les mesures de capacité peuvent être ajustées pour une autre température que 0° C., à condition que ces mesures portent d'une façon indélébile l'indication de cette température. Il pense que le Comité pourrait recommander une semblable disposition au Conseil médical anglais.

Le SECRÉTAIRE croit que, comme on demande au Comité une résolution de principe, et comme la discussion qui vient d'avoir lieu paraît avoir abouti à fixer les idées sur les points essentiels de la question, il serait utile de résumer ces points de principe sur lesquels pourra intervenir le vote, suivant lequel le bureau serait chargé de rédiger le texte de la résolution provoquée par M. Chaney.

Il propose donc au Comité de décider qu'il serait absolument désirable de maintenir intacte, en tout état de cause, la définition métrique de l'unité de volume; mais qu'on ne verrait point d'inconvénients majeurs à ce que des mesures de capacité fussent ajustées pour une température d'usage ($15^{\circ},5$ par exemple), pourvu qu'on marquât sur ces mesures la température à laquelle elles réalisent le volume métrique du litre sans corrections.

D'autre part, le Secrétaire propose de renvoyer à la Commission des Travaux la question introduite par M. Mendeleeff, de compléter la définition de l'unité de volume par l'indication de la pression normale à laquelle le litre contient la masse d'un kilogramme d'eau à 4° C.

M. le PRÉSIDENT met aux voix ces deux propositions *qui sont adoptées à l'unanimité.*

Sur l'invitation de M. le Président, M. le DIRECTEUR con-

tinue la lecture de son Rapport, interrompue à la fin de la première séance et dont le texte complet se trouve inséré dans le procès-verbal du 13 avril.

M. le PRÉSIDENT félicite le Directeur et les Adjointes du Bureau des résultats si considérables obtenus, en un temps relativement très court, par les beaux travaux qu'ils ont accomplis avec tant d'assiduité et de dévouement, et dont il vient d'être rendu compte dans le Rapport de M. Benoît.

Comme les recherches sur les propriétés des alliages d'acier et de nickel ont une importance particulière, à la fois scientifique et technique, M. le PRÉSIDENT invite M. Guillaume à développer, avec tous les détails désirables, l'exposé des études qu'il a poursuivies sur ces matières, et à montrer au Comité les appareils employés et les échantillons des différents alliages étudiés.

M. GUILLAUME fait la Communication suivante :

Études sur les alliages propres à la construction des étalons et des appareils de précision.

Les difficultés rencontrées dans la construction des étalons de second ordre et le peu de sécurité que garantissaient ces étalons ont conduit, il y a quelques années, le Comité international des Poids et Mesures à inscrire l'étude des questions relatives à la construction des instruments de précision dans les programmes successifs du Bureau international.

Chargé de faire les premières recherches dans cette direction, j'entrepris, dans le courant de l'hiver 1891-1892, une série d'études dont les résultats furent présentés au Comité international dans sa session de 1892. Ces premières recherches avaient conduit à reconnaître les propriétés remarquables du nickel et de quelques-uns de ses alliages avec le cuivre au point de vue métrologique.

Une seule difficulté subsistait pour les étalons métriques, celle

d'obtenir des barres exemptes de piqûres microscopiques (1).

Malgré ce défaut, qu'il ne nous a pas été possible d'éviter complètement jusqu'ici, le nickel présente des avantages si marqués que nous n'avons pas hésité à le recommander aux constructeurs; la Société Genevoise, entre autres, a entrepris la construction de règles étalons en nickel, et nous avons pu remarquer que la qualité du métal est allée en s'améliorant d'année en année.

Au début, les alliages du nickel avec le cuivre semblaient être, en général, plus homogènes que le nickel pur; mais, dans la suite, nous avons éprouvé aussi quelques déboires qui ont fait renoncer à peu près complètement à employer ces alliages. La masse est souvent un peu moins piquée que celle du nickel, mais en revanche les lingots présentent fréquemment des pailles ou des cavités qui obligent à les rebuter, parfois après qu'un travail assez considérable de rabotage ou d'ajustage a été fait.

Les caractéristiques des nickels, que nous avons eu l'occasion d'étudier, sont remarquablement constantes et témoignent d'une grande régularité de fabrication. Les barres que nous avons soumises à l'étude étaient de provenances diverses, les premières avaient été usinées en France; plus tard, nous nous adressâmes à une fabrique allemande, puis deux maisons françaises nous ont livré de nouvelles barres; enfin, les règles construites à Genève proviennent, sauf erreur, de la maison Basse et Selve, à Altena.

Voici les résultats auxquels a conduit l'étude de ces diverses règles :

ÉLASTICITÉ.	
Désignation des barres.	Modules en tonnes par mm ² .
Barre rabotée, de la Société du Ferro-nickel (1891).....	21,7
Barre tirée à froid, de la maison Basse et Selve (1892)....	21,2
Lame de 2 ^{mm} d'épaisseur, de la maison Basse et Selve (1892).	22,5
Tige ronde de la Société française du nickel (1895).....	21,1
La même mise au carré.....	21,5

(1) Pour les étalons de plus grandes dimensions et, en particulier, pour les règles géodésiques de 4^m, nous avons été, de plus, arrêtés par l'impossibilité d'obtenir des lingots de nickel de dimensions suffisantes propres à être laminés et rabotés.

DILATATION.

Désignation des barres.	Dilatation mesurée entre 0° et 38°.
Barre rabotée de la Société du Ferro-nickel (1891).....	$\alpha = (12655 + 5,50 T)10^{-9}$
Barre ronde de la Société française du nickel (1895).....	$\alpha = (12523 + 6,61 T)10^{-9}$
Règle en H, n° 11 de la Société Genevoise (Basse et Selve).....	$\alpha = (12491 + 7,02 T)10^{-9}$
Règle en H, n° 9 de la Société Genevoise (Société du Ferro-nickel, 1895).	$\alpha = (12493 + 7,90 T)10^{-9}$
Règle en H (B), de la Société Genevoise (Société française du nickel, 1895)...	$\alpha = (12551 + 5,42 T)10^{-9}$

Le Tableau suivant contient les allongements Δl calculés par ces diverses formules et les écarts ε par rapport à la moyenne de tous les allongements.

T.	N° 1. (12855 + 5,50 T) 10 ⁻⁹ .		N° 2. (12523 + 6,61 T) 10 ⁻⁹ .		N° 3. (12491 + 7,02 T) 10 ⁻⁹ .		N° 4. (12493 + 7,90 T) 10 ⁻⁹ .		N° 5. (12551 + 5,42 T) 10 ⁻⁹ .		MOYENNES.
	$\Delta l.$	$\varepsilon.$									
5°.....	63,41	+0,54	62,78	-0,09	62,63	-0,24	62,66	-0,21	62,89	+0,02	62,87
10°.....	127,10	+1,03	125,89	-0,18	125,61	-0,46	125,72	-0,35	126,05	-0,02	126,07
15°.....	191,05	+1,46	189,33	-0,26	188,94	-0,65	189,16	-0,43	189,48	-0,11	189,59
20°.....	255,30	+1,86	253,10	-0,34	252,62	-0,82	253,02	-0,42	253,18	-0,26	253,44
25°.....	319,80	+2,19	317,20	-0,41	316,65	-0,96	317,27	-0,34	317,15	-0,46	317,61
30°.....	384,60	+2,48	381,63	-0,49	381,06	-1,06	381,90	-0,22	381,42	-0,70	382,12
35°.....	449,64	+2,71	446,39	-0,54	445,79	-1,14	446,91	-0,02	445,93	-1,00	446,93
40°.....	515,00	+2,91	511,48	-0,61	510,88	-1,21	512,36	+0,25	510,72	-1,37	512,09

On voit que les nickels de toutes provenances possèdent une remarquable rigidité, égale à celle des aciers durs; leur dilatation est aussi très régulière, à tel point qu'en adoptant une formule moyenne on ne commettrait, dans la réduction de 20° à 0° de l'une quelconque des règles étudiées au Bureau, que des erreurs inférieures à 1^μ,86. Si l'on se borne aux quatre règles de provenances différentes livrées en 1895, les mêmes écarts restent au-dessous de 0^μ,4.

Aux difficultés près que je viens de signaler et que nous espérons surmonter avec le concours des métallurgistes, nous considérons notre première solution de la question comme parfaitement satisfaisante, et nous aurions seulement travaillé à la perfectionner, si nos recherches n'avaient été conduites, dans une voie toute nouvelle, par l'étude d'une série d'alliages qui semblent posséder, au point de vue métrologique, des qualités très précieuses.

Étude sur les aciers au nickel.

PARTIE MÉTROLOGIQUE.

Dilatation.

Au mois de mars 1895, M. le D^r Benoît, ayant entrepris de déterminer l'équation d'une règle à bouts en acier au nickel (1) appartenant au Service technique de l'Artillerie à Paris, reconnu, en comparant ses observations, des divergences difficiles à expliquer, et qui l'engagèrent à entreprendre une mesure approximative de la dilatation de cette règle. Ces mesures, faites dans l'air, à des températures comprises entre 8° et 22°, conduisirent à un résultat inattendu : au lieu de suivre approximativement la loi des mélanges, la dilatation de cette règle était un peu supérieure à celle d'une barre de bronze employée comme terme de comparaison.

M. Benoît me conseilla alors de répéter ses mesures à l'aide du comparateur à dilatation. Une autre règle, de même provenance que

(1) La composition de l'alliage dont cette règle est formée n'est pas connue très exactement; d'après les renseignements fournis ultérieurement, cet alliage contiendrait de 22 à 23 pour 100 de nickel et de 2 à 3 pour 100 de chrome.

la première, fut comparée, dans l'eau, à un étalon de platine iridié, à des températures comprises entre $0^{\circ},4$ et $37^{\circ},1$. Le coefficient de dilatation de cette règle fut trouvé égal à $(18,180 + 0,00426T)10^{-6}$.

Cette singulière anomalie, ajoutée au fait que cet acier n'était pas magnétique, nous engagea à faire, M. Benoit et moi, quelques essais en vue de produire les transformations décrites par le D^r J. Hopkinson.

La règle, plongée dans un bain d'alcool, auquel on ajoutait peu à peu de la neige carbonique, se contracta régulièrement et n'éprouva pas, aux températures les plus basses, l'allongement irréversible observé par M. Hopkinson; au réchauffement, elle revint sensiblement à sa longueur initiale. D'autres échantillons, plus petits, du même métal, plongés entièrement dans la neige carbonique, sous une pression de quelques centimètres de mercure, ne passèrent pas davantage à l'état magnétique. La transformation irréversible a été cependant constatée plus tard sur d'autres alliages.

Nous avons abandonné ces recherches, qui ne semblaient pas devoir conduire à un perfectionnement quelconque dans la construction des étalons lorsque, au mois de mai 1896, j'eus l'occasion de déterminer la dilatation d'une règle d'acier-nickel non chromé, d'une teneur en nickel un peu supérieure à la première. Je trouvai que la dilatation de cette règle était d'un tiers environ plus faible que celle du platine.

Cet alliage, comme celui des premières règles, avait été préparé dans les aciéries d'Imphy, de la Société de Commentry-Fourchambault; encouragé par M. Benoit à poursuivre cette étude, je m'adressai à M. L. Dumas, Secrétaire général de cette Société, qui voulut bien faire préparer, dans les forges d'Imphy, tous les alliages nécessaires à l'étude de cette anomalie.

J'ai été ainsi conduit à étudier successivement dix-sept alliages dont la plupart étaient nouveaux. Les plus intéressants ont été analysés dans le laboratoire des usines de Fourchambault et d'Imphy; les autres ne sont connus que par synthèse. Trois des alliages étudiés contiennent du chrome; ils contiennent tous de petites quantités de carbone, de silicium, de manganèse et de phosphore : en tout 1 pour 100 environ.

Je donnerai maintenant les valeurs des dilatations mesurées au comparateur entre 0° et 38° .

Dans le Tableau suivant, tous ces alliages sont désignés par leur teneur en nickel ou en chrome.

Alliages.	Coefficients de la dilatation moyenne entre 0° et T°.
0 pour 100.	(10354 + 5,23T) 10 ⁻⁹
5	(10529 + 5,80T) »
12,4 + 1 Cr	(11714 + 5,08T) »
16,8 + 1 Cr	(11436 + 1,70T) »
19	(11427 + 3,62T) »
21,8 + 3 Cr	(17097 + 9,74T) »
24	(17484 + 7,11T) »
26,2	(13103 + 21,23T) »
28	(11288 + 28,89T) »
30,4	(4570 + 11,94T) »
31,4	(3395 + 8,85T) »
34,6	(1373 + 2,37T) »
35,7	(877 + 1,27T) »
36,0	(1058 + 3,20T) »
36,2	(1144 + 1,71T) »
37,5	(3457 - 6,47T) »
39,4	(5357 - 4,48T) »
44,4	(8508 - 2,51T) »
100	(12514 + 6,74T) »

On voit que les dilatations, normales jusqu'à une teneur voisine de 20 pour 100, croissent rapidement au delà, passent par un maximum et diminuent ensuite graduellement jusqu'à une teneur voisine de 36 pour 100; puis elles se relèvent lentement vers la valeur normale. Entre 30 et 40 pour 100 environ, ces alliages possèdent une dilatation inférieure à celle de tous les métaux connus.

Le coefficient minimum est égal au dixième environ de celui du platine.

La forme des courbes de dilatation présente aussi une particularité digne de remarque. Le coefficient du deuxième terme passe par un premier minimum peu accentué, augmente ensuite très fortement, puis diminue jusqu'à devenir négatif pour les teneurs supérieures à 37 pour 100; il passe par un deuxième minimum pour remonter ensuite (1).

(1) Les faibles irrégularités dans la marche de ce coefficient, au voisinage des alliages les moins dilatables, tiennent probablement à de petites erreurs d'observation. Il est beaucoup plus difficile, en effet, de déduire, d'un système d'observations, la part exacte qui revient aux deux termes du binôme de dilatation que de calculer les coefficients moyens entre deux températures données.

Indépendamment de l'inclinaison à l'origine, la forme de la courbe des dilatations varie donc sensiblement avec la teneur en nickel; sa courbure est très accentuée pour les teneurs comprises entre 26 et 30 pour 100, la convexité étant alors dirigée vers l'axe des abscisses. La courbure diminue ensuite, s'annule et change de sens pour revenir vers sa première direction.

Cette forme de la courbe des dilatations présente une corrélation bien nette avec d'autres propriétés des aciers au nickel dont il sera question plus loin.

Remarques générales.

Les aciers dont il vient d'être parlé possèdent une homogénéité plus grande que celle de la plupart des métaux usuels. Lorsqu'on descend franchement au-dessous de la couche superficielle, toujours un peu craquelée, des barres brutes, on trouve un métal parfaitement sain, prenant un beau poli, sans aucune piqûre visible avec un grossissement de 80 diamètres. Les traits de quelques microns de largeur, pratiqués sur ses surfaces, sont d'une parfaite régularité.

La résistance à l'attaque de l'eau augmente avec la teneur en nickel. Déjà, les alliages les moins dilatables, qui contiennent de 35 à 37 pour 100 de nickel, sont suffisamment inattaquables pour qu'une règle divisée puisse être abandonnée pendant des mois, dans une atmosphère saturée d'humidité, sans éprouver aucune détérioration. Dans les mesures de dilatation, les règles séjournaient pendant des heures dans l'eau tiède et n'ont jamais été essuyées lorsqu'on les retirait de l'eau; elles ont pu rester ensuite pendant un temps prolongé dans la vapeur d'eau bouillante sans que les surfaces bien polies fussent attaquées même sur le bord des traits.

Il n'en est pas de même des surfaces brutes, qui se couvrent, en quelques jours, d'une couche de rouille d'ailleurs peu adhérente. Il faut surtout éviter avec soin le commencement de l'attaque; une tache d'encre produit un léger dépoli qui s'accroît dans l'eau. Tous ces alliages sont très sensibles à l'acide chlorhydrique; le voisinage d'une soudure mal lavée peut provoquer des détériorations importantes des surfaces.

Ces alliages présentent, au point de vue de la dureté, de grandes différences; très durs jusqu'à 24 pour 100, ils s'adoucissent graduellement pour arriver à la dureté du fer ou de l'acier très doux avec plus de ténacité. Bien que d'une manière générale le carbone semble avoir une influence moindre dans les aciers au nickel que dans les

aciers ordinaires, cette influence est encore sensible même sur les aciers à 36 pour 100.

Densité, Élasticité.

Le module d'élasticité des règles a été déterminé à l'aide d'un appareil employé autrefois par M. Benoit. La barre à examiner, placée sur deux rouleaux, supporte en son milieu un plateau que l'on charge de poids croissants. On mesure, à l'aide de trois cathétomètres, la flèche et l'écrasement des supports. La plupart des mesures ont été faites sur les règles brutes, et pour des distances des points de support égales à 0^m,9 et 1^m,1, et dans deux positions rectangulaires des barres. Les efforts fléchissants ont atteint, dans la plupart des cas, 80^{kg}; quelques-unes des mesures ont été répétées sur les barres rabotées.

Les densités ont été mesurées par des pesées hydrostatiques.

Les résultats de ces mesures sont consignés dans le Tableau suivant :

ALLIAGES.	DENSITÉS à 0°.	MODULES d'élasticité en tonnes par mm ² .	ALLIAGES.	DENSITÉS à 0°.	MODULES d'élasticité en tonnes par mm ² .
0 p. 100	7,840	22,0	30,4 p. 100	8,049	16,0
5	7,787	21,7	31,4	8,008	15,5
12,4 + 1 Cr	7,892	19,0	34,6	8,066	15,1
16,8 + 1 Cr	7,892	18,3	35,7	8,098	14,7
19	7,913	17,7	36,0	8,082	14,9
22	7,903	19,1	36,2	8,086	15,0
21,8 + 3 Cr	8,034	19,7	37,5	8,005	14,7
24	—	19,3	39,4	8,076	14,9
26,2	8,096	18,5	44,4	8,120	16,4
28	—	18,1	100	8,852	21,6

Si l'on calcule les densités que devraient posséder ces alliages s'ils suivaient la loi des mélanges, on trouve des nombres assez concordants jusqu'à la teneur de 20 pour 100 de nickel. Puis on constate un excès de densité, suivi d'un défaut de densité qui tend à s'annuler au delà de 44 pour 100. L'excès correspond aux métaux très dilatables, le défaut aux métaux peu dilatables.

Le modulé d'élasticité présente les mêmes particularités, avec une marche plus régulière. Le maximum et le minimum des dilatations concordent très exactement avec les mêmes valeurs relatives des modules. Je me bornerai à signaler cette triple coïncidence, sur laquelle j'espère avoir l'occasion de revenir, en même temps que sur les particularités que présentent quelques-uns de ces alliages.

Variations permanentes.

La plupart des barres ont été soumises à des recuits divers; les longueurs étaient mesurées dans les intervalles des chauffés; ces études ont été poursuivies avec un soin particulier pour les alliages les moins dilatables.

J'ai constaté d'abord que des recuits à 100° produisent une contraction des alliages d'une teneur inférieure à 25 pour 100 de nickel, alors que les alliages supérieurs s'allongent sous la même action.

L'alliage à 44 pour 100 a seul montré une contraction très faible, de 1 μ , 5, en 218 heures à 100° , réparties sur 46 jours, due probablement à la superposition de deux effets distincts. Les allongements suivent d'abord une loi exponentielle avec le temps, puis diminuent ensuite plus rapidement. A partir de 30 pour 100, la valeur de l'exposant diminue à mesure qu'on élève la teneur en nickel.

La longueur définitive que prend la barre dépend de la température du recuit; elle est atteinte d'autant plus rapidement, et l'allongement total est d'autant *moindre* que la température est plus élevée.

Il en résulte ce fait curieux qu'une règle, recuite à fond à une température déterminée, continue à s'allonger lorsqu'on la maintient à une température plus basse.

Pour les alliages à 36 pour 100 de nickel, le recuit semble complet en 20 heures à 150° , en 100 heures à 100° , en 300 heures à 60° . A la température ordinaire, les allongements ont pu être suivis pendant deux mois, après quoi ils sont devenus insensibles.

Ces mouvements présentent une grande analogie (au signe près) avec ceux du zéro des thermomètres; l'abaissement temporaire a été observé aussi sur des barres recuites à une certaine température et amenées pendant un instant à une température plus élevée.

Je m'empresse de dire que les mouvements observés à la température ordinaire sont de peu d'amplitude pour les alliages les moins dilatables.

Lorsqu'une barre d'alliage à 36 pour 100 a été convenablement

recuite à 100°, la variation à 10° n'est au début que de 1^μ à 2^μ par mois. Si on la ramène à 100° après que son mouvement est devenu insensible, elle se raccourcit de 2^μ, pour revenir lentement à sa précédente longueur.

Voici d'ailleurs quelques-unes des observations faites sur ces alliages (1) :

RÈGLE 35,7.				RÈGLE 36,2.			
Traitement de la règle.		Allongements pour 1 ^m .		Traitement de la règle.		Allongements pour 1 ^m .	
Température.	Nombre d'heures.	à 100°	à 10°.	Température.	Nombre d'heures.	à 100°	à 10°.
100°.....	12 heures	+18,7 ^μ		100°.....	4 heures	+12,3 ^μ	
».....	62 »	+23,6		».....	21 »	+22,4	
».....	114 »	+24,1		».....	71 »	+26,7	
10.....	66 jours	+27,0	+ 2,9	».....	118 »	+26,8	
».....	90 »	+27,0	+ 2,9	».....	150 »	+28,1	
100.....	1 heure	+24,7	+ 0,6	10 à 18°..	5 jours	+28,4	+ 0,3 ^μ
10.....	6 jours	+24,6	+ 0,5	».....	14 »	+28,7	+ 0,6
».....	11 »	+24,7	+ 0,6	».....	24 »	+29,6	+ 1,5
».....	20 »	+25,4	+ 1,3	».....	36 »	+29,4	+ 1,3
».....	30 »	+25,9	+ 1,8	».....	77 »	+31,1	+ 3,0
».....	42 »	+25,7	+ 1,6	».....	128 »	+31,8	+ 3,7

(1) Les mesures entre les recuits dans les Tableaux qui suivent ont été faites par des séries réduites dont la précision peut être évaluée en moyenne à 0^μ,2 ou 0^μ,3. Pour la règle 35,7, dont un des traits est endommagé, les erreurs peuvent dépasser un peu ces limites. Les retraits constatés dans les six premiers jours et du trentième au quarante-deuxième jour ne sont probablement dus qu'aux erreurs d'observation; il en est de même de la variation trouvée du vingt-quatrième au trente-sixième jour pour la règle 36,2. Les anomalies à 150° pour la règle 36,0 sont dues probablement à des différences dans la vitesse du refroidissement.

RÈGLE 36,0.						
Traitement de la règle.		Allongements pour 1 ^m				
Température.	Nombre d'heures.	totaux.	à 150°.	à 100°.	à 60°.	à 40°.
°		μ	μ			
150	2 heures	+ 7,1	+ 7,1			
»	11 »	+12,1	+12,1			
»	40 »	+ 8,1	+ 8,1			
100	1 »	+12,2		+ 4,1		
»	7 »	+19,3		+11,2		
»	47 »	+25,3		+17,2		
»	79 »	+28,1		+20,0		
60	45 »	+33,8			+ 5,7	
»	111 »	+36,7			+ 8,6	
»	202 »	+39,7			+11,6	
»	318 »	+40,5			+12,4	
40	88 »	+42,7				+ 2,2
»	229 »	+44,3				+ 3,8
»	395 »	+46,1				+ 5,6
»	509 »	+46,7				+ 6,2

PARTIE PHYSIQUE.

Propriétés magnétiques.

Les singularités que présentent les alliages de fer et de nickel deviennent plus intelligibles, lorsqu'on tient compte de leurs propriétés magnétiques. Ce qui frappe d'abord, dans l'examen sommaire de ces alliages, ce sont les grandes différences que présentent leurs susceptibilités magnétiques. Les uns sont comparables au fer ou à l'acier, alors que d'autres ne montrent que des traces à peine appréciables de magnétisme.

J'ai fait une étude sommaire de ces propriétés, afin de déterminer les conditions dans lesquelles ces alliages *sont* ou ne *sont pas* magnétiques.

Je me suis servi pour cette étude de la méthode d'arrachement,

dans des conditions où il était difficile d'obtenir des valeurs correctes de la susceptibilité, mais qui présentait l'avantage de conduire très rapidement à des nombres approchés permettant de définir l'allure générale du phénomène.

Voici les résultats généraux de ces recherches :

Les alliages d'une teneur inférieure ou égale à 24 pour 100 sont *irréversibles*, en ce sens qu'ils perdent leur magnétisme à une certaine température, et ne le reprennent qu'à une température plus basse. Les alliages supérieurs à 26 pour 100, au contraire, perdent et reprennent leur magnétisme à la même température. Dans les deux cas, la variation magnétique est graduelle, soit à la perte, soit à la reprise.

Dans les alliages de la première catégorie, le passage de l'état magnétique à l'état non magnétique se produit entre le rouge sombre et le rouge cerise. Le retour à l'état magnétique se produit à des températures qui vont en baissant à mesure que l'on augmente la quantité de nickel. Ainsi, pour l'alliage à 5 pour 100, le retour se fait au rouge très sombre, tandis qu'il n'a lieu qu'à des températures inférieures à 0° pour l'alliage à 24 pour 100. Je n'ai pas trouvé de loi simple entre la température de la transformation et la teneur en nickel. D'ailleurs, l'addition du chrome à plusieurs des alliages étudiés complique le phénomène.

Pour les alliages supérieurs, au contraire, la loi de la variation est très simple. Si l'on porte en abscisses les teneurs en nickel, en ordonnées la température du passage, on obtient, par la suite des points déterminés par l'expérience, une courbe à convexité supérieure, dont l'équation est

$$T = 34,1(n - 26,7) - 0,80(n - 26,7)^2,$$

T représentant la température de la perte totale du magnétisme, n la teneur en nickel en centièmes. Pour l'alliage à 26 pour 100, la perte totale du magnétisme a lieu au voisinage de 0°, pour l'alliage à 39,4 pour 100, elle se produit à 315°. L'alliage à 26 pour 100 présente un peu d'hystérèse thermique. Pour tous ces alliages, le passage de l'état fortement magnétique à l'état non magnétique se fait sur un intervalle d'environ 50 degrés.

Dilatation aux températures élevées.

Il était particulièrement intéressant de déterminer les changements dans les propriétés de ces alliages qui accompagnent le passage de l'état magnétique à l'état non magnétique et inversement.

Pour les alliages du premier groupe, ces variations sont compliquées et nécessiteront des études ultérieures; je les passerai pour le moment sous silence; pour les alliages du second groupe, au contraire, seuls importants en Métrologie, les changements sont plus simples, et il m'a été possible de les étudier assez complètement. Pour étudier ces variations de volume, j'ai employé la méthode des dilatations relatives sous la forme suivante : Une règle en laiton est fixée, par une de ses extrémités, à la règle à étudier; son autre extrémité porte une échelle divisée, qui glisse sur une surface polie de l'autre règle, portant un trait de repère. L'appareil étant placé dans un bain d'huile, de telle sorte que l'extrémité supérieure seule dépassât la surface, on déterminait les mouvements de l'échelle par rapport au repère. Ces mesures ont été faites au micromètre et ont été poussées, pour la plupart des règles, jusqu'à 225°. Dans l'intervalle de 0° à 40°, ces mesures ont été rectifiées au moyen des résultats obtenus au comparateur.

Pour toutes les règles étudiées, le passage de l'état magnétique à l'état non magnétique se manifeste par une variation graduelle du coefficient de dilatation, variation qui commence vers la fin de la transformation.

Voici quelques-uns des résultats de cette étude (1) :

ALLIAGES.	LIMITES.	COEFFICIENTS VRAIS A T° en microns par mètre.
30,8	de 0° à 110°	4,570 + 0,0239 T
	110 à 164	7,10 + 0,104 (T—110)
	164 à 220	12,60 + 0,008 (T—164)
31,4	0 à 122	3,395 + 0,0150 T
	122 à 182	5,25 + 0,128 (T—122)
	182 à 220	13,00 + 0,036 (T—182)
34,6	0 à 142	1,373 + 0,0047 T
	142 à 220	2,05 + 0,065 (T—142)
37,5	0 à 150	3,457 — 0,0129 T
	150 à 220	2,37 + 0,0011 (T—150)

(1) Ces nombres pourront subir ultérieurement de petites corrections par une discussion plus complète de l'ensemble des expériences.

Enfin, les formules trouvées au comparateur représentent, dans la limite des erreurs d'observation, les dilatations des alliages à 39,4 et 44,4 pour 100 jusqu'à 220°. Ces alliages présenteront probablement, comme l'alliage à 37,5 pour 100, un minimum du coefficient, mais à des températures supérieures à celles de mes expériences.

CONCLUSIONS.

Les résultats qui viennent d'être énumérés peuvent conduire à d'intéressantes conclusions concernant la constitution des alliages. J'en relèverai une seule :

Nous avons vu que l'action du recuit spontané ou à une température élevée est d'autant plus importante que l'alliage contient moins de nickel, au moins entre les limites de 30 à 44 pour 100. J'ajouterai qu'un recuit, à une température supérieure à celle de la transformation de l'alliage, produit un retour en arrière après lequel toute l'opération peut être recommencée comme la première fois.

Il semble donc naturel d'admettre que les allongements produits par le recuit sont dus au passage graduel de l'alliage de l'état non magnétique à l'état magnétique définitif, à peu près atteint dès les premiers instants, mais auquel on n'arrive définitivement qu'après un temps très prolongé. Cette action serait ainsi d'autant plus rapide que l'on serait plus près du point de transformation; elle serait d'autant plus complète que l'on en serait plus éloigné. J'ai vérifié qu'une diminution de la proportion de carbone ne réduit pas sensiblement ces variations.

Au point de vue pratique, les conditions de l'emploi des alliages ne peuvent pas encore être précisées d'une manière définitive; elles ne le seront que lorsqu'on aura suivi l'action du temps jusqu'à ce qu'elle soit annulée. Toutefois, on peut déjà poser les règles suivantes pour la manière de traiter les étalons :

1° Soumettre les barres à des recuits successifs en commençant à 150° environ et en abaissant graduellement la température de manière qu'elles séjournent, par exemple, 20 à 30 heures entre 120° et 150°, 100 heures au voisinage de 100°, 300 heures au voisinage de 60°, 500 heures au voisinage de 40° et, enfin, deux ou trois mois à la température ordinaire.

2° Les étalons ainsi traités ne devront plus être ramenés à des températures supérieures à 50°.

Dans ces conditions, les règles pourront être employées avec

sécurité comme *étalons d'interpolation*. Si l'on s'en tient, en effet, aux variations observées avec les règles de construction récente que j'ai étudiées, on trouvera, par exemple, que l'incertitude provenant de l'action du recuit spontané dans le courant d'un mois est, dans tous les cas, inférieure à celle à laquelle on est sujet avec une règle de laiton dont la température est incertaine de $0^{\circ},05$, et l'on peut espérer que cette incertitude diminuera encore beaucoup avec le temps.

C'est pourquoi on peut, dès maintenant, recommander l'emploi de ces alliages :

1° Pour les instruments de moyenne précision, dans tous les cas où les conditions de température ne sont pas parfaites ;

2° Lorsqu'une variation d'ensemble de l'instrument est sans importance, c'est-à-dire dans presque tous les cas où l'instrument n'est pas un étalon.

Pour la Géodésie, en particulier, les nouveaux alliages semblent de nature à augmenter la précision des mesures.

Des comparaisons faites avant et après ces mesures permettraient une interpolation dont l'incertitude n'atteindrait pas $\frac{1}{1000000}$; les erreurs dues à la température étant réduites à $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{20}$ de leur valeur suivant les métaux employés jusqu'ici, la précision finale en serait déjà considérablement augmentée; mais on est en droit d'espérer que les nouveaux alliages, dont l'étude n'est qu'ébauchée, conduiront à des résultats encore plus avantageux, lorsque leurs propriétés seront mieux connues.

M. le PRÉSIDENT remercie **M. Guillaume** de sa communication si complète et si intéressante.

M. HIRSCH est d'avis que le Comité pourrait être le premier à profiter des remarquables qualités de dilatation, de poli et de tracé des règles en acier-nickel, en autorisant le Bureau à construire un étalon divisé avec l'alliage qui présente le minimum de dilatation.

M. BENOÎT appuie cette proposition, qui semble d'autant plus justifiée que la Règle normale divisée, dont le Bureau s'est servi jusqu'à présent, commence à se ressentir de ce

fréquent usage, de sorte que certains traits de division ne présentent plus toute la netteté voulue sous le microscope. Du reste, le Bureau possède maintenant tous les appareils (machine à diviser, machine à raboter, etc.) nécessaires pour construire dans ses ateliers une telle règle; d'autre part, cet alliage, outre ses grandes qualités, offre l'avantage d'être d'un prix très modique.

A la demande de M. MENDELEEFF, cette proposition est renvoyée au préavis de la Commission des Travaux.

M. le PRÉSIDENT croit utile de réserver la journée de samedi aux séances des Commissions et invite la Commission des Travaux à siéger ce jour-là à 9^h 30^m du matin, et la Commission des finances à 2^h 30^m dans un salon de l'hôtel Voltaire qui sera mis à leur disposition.

Il fixe la prochaine séance plénière au lundi 19 avril pour 2^h 30^m à Breteuil.

La séance est levée à 5^h 45^m.



PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

Lundi 19 avril 1897.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, BENOÎT, BERTRAND, DE BODOLA (1), CHANEY, HEPITES, HIRSCH, VON LANG, DE MACEDO, MENDELEEFF, THALÉN.

Assistent à la séance, comme invités, MM. les Adjointes CHAPPUIS et GUILLAUME.

La séance est ouverte à 2^h 30^m.

Le procès-verbal de la deuxième séance est lu et adopté. A propos du procès-verbal, le Secrétaire ajoute que le lendemain de cette séance il a adressé à M. d'Arrillaga la lettre suivante :

(1) Le Secrétaire, rendu attentif par M. de Bodola, regrette que, dans la rédaction des Comptes rendus de la dernière Conférence, le nom de M. de Bodola ait été omis dans la liste des membres présents, qui précède chaque séance individuelle. Toutefois le nom de M. de Bodola figure dans la liste des délégués officiels inscrits en tête des Comptes rendus de 1895 et dans le corps des Procès-Verbaux, à propos des discussions et des votes auxquels il a pris part.

A. H.

Paris, le 16 avril 1897.

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Le Comité a été unanime à regretter l'impossibilité où vous vous êtes trouvé de prendre part à la session actuelle, à laquelle assistent tous les autres membres.

Dans la seconde séance, du 15 avril, le Comité s'est occupé, dans un entretien confidentiel, du remplacement des deux Membres défunts, MM. Gould et Ferraris. Comme le Règlement de la Convention stipule que ces élections doivent se faire par correspondance et ne peuvent avoir lieu que trois mois après que tous les Membres en auront été avertis, nous avons l'honneur de remplir cette prescription envers vous, en vous prévenant que ce vote par correspondance aura lieu au mois de juillet prochain.

Veillez agréer, Monsieur et très honoré Collègue, l'assurance de ma considération la plus distinguée,

Pour le bureau :

Le Secrétaire,

D^r A. HIRSCH.

M. F. de P. Arrillaga, à Madrid.

Le SECRÉTAIRE mentionne ensuite que le bureau a envoyé le 16 avril aux représentants des quatre États dont les contributions de 1896 n'ont pas été versées, les lettres qu'il a été chargé de leur adresser pour les prier de faire les démarches qui assureront le versement prochain de ces contributions arriérés.

A la demande de M. le PRÉSIDENT, le Secrétaire donne connaissance de la réponse que le bureau a été chargé de rédiger pour être remise à M. Chaney.

Le Comité, après quelques explications demandées par MM. Bertrand et Mendeleeff, approuve cette rédaction, qui est conçue dans les termes suivants :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

A la demande du *Medical Council of Great-Britain*, transmise par son Secrétaire, M. le Dr A. Attfield, F. R. S., M. Chaney a prié le Comité international des Poids et Mesures, dont il fait partie, de se prononcer sur le projet des déterminations volumétriques suivantes contenues dans la nouvelle *British Pharmacopœa*, qui est en voie d'élaboration :

« *Dispositions concernant la vérification des mesures de capacité.*

» Les appareils suivants sont exigés pour ces vérifications :

» 1° Un récipient en verre qui, lorsqu'il est rempli jusqu'à une marque tracée sur son col, contient exactement 1000^{cm} d'eau distillée à 60° F. (15°, 5 C.). Cette mesure doit représenter 1^l ou 1000^{cm}.

» 2° Un vase cylindrique gradué qui, rempli exactement, contient, à 60° F. (15°, 5 C.), 1^l (1000^{cm}) et est divisé en 100 parties égales.

» 3° Une éprouvette, c'est-à-dire un tube gradué qui, rempli exactement, à 60° F. (15°, 5 C.), contient 100^{cm} et est divisé en 100 parties égales.

» 1^{cm} étalon est le volume de 1^s d'eau distillée, à 4° C. (39°, 2 F.); 1000^{cm} représentent 1^l.

» Cependant, il est d'usage, pour les convenances de la pratique, de mesurer les liquides avec des appareils métriques qui ont été ajustés à 60° F. (15°, 5 C.). »

Le Comité a donc, dans sa séance du 15 avril 1897, discuté ce projet et, à la suite de cette discussion, a pris les résolutions suivantes qui, du reste, sont conformes aux décisions adoptées, sur le même sujet, pendant les dernières années, dans d'autres pays pratiquant le système métrique :

Dans l'intérêt général, scientifique et pratique, il est nécessaire d'éviter toute altération des définitions fondamentales des unités métrologiques. Par conséquent, une mesure de capacité ou de volume représentant un litre et portant l'inscription *Litre*, doit toujours être conforme aux conditions fondamentales exigées pour représenter matériellement cette unité, c'est-à-dire pour réaliser le volume occupé par la masse d'un kilogramme d'eau pure au maximum de sa densité (à 4° C.).

Donc, lorsque les pesées d'eau distillée sont effectuées, dans l'air et à une température différente de celle du maximum de densité, il faut tenir compte de la dilatation de l'eau, aussi bien que de la différence entre la poussée éprouvée dans l'air par la masse d'eau et la poussée éprouvée par les poids employés.

Toutefois, pourvu que ces conditions, dictées par des considérations d'intérêt métrologique, soient remplies, il n'est pas indispensable, pour garantir la réalisation correcte de l'unité de volume par des récipients en métal, en verre, etc., que les ajustages soient opérés toujours à la même température normale (par exemple 0°), ni que les résultats des pesées exécutées à une autre température soient réduits par le calcul à la température normale.

On peut, au contraire, admettre, sans encourir des inconvénients majeurs pour l'homogénéité des déterminations métrologiques, que les mesures de l'unité de volume et ses subdivisions soient déterminées par des marques ou des limites fixées pour une autre température, par exemple, 15°, 5 C.

Seulement, dans l'intérêt général, unanimement reconnu par les délibérations internationales qui ont eu lieu à ce sujet, il est indispensable que, dans chaque cas où une mesure de capacité représente le litre pour une température différente de 0°, elle porte l'indication de la température d'usage pour laquelle elle a été ajustée et à laquelle elle représente l'unité sans correction.

Quant à la définition proposée d'un *Standard cubic centimeter*, elle ne serait pas conforme à l'état actuel de nos connaissances. Le volume d'un décimètre cube ou 1000^{cm}³ n'est pas identique avec le volume de la masse d'eau pure au maximum de sa densité, équivalent à la masse du kilogramme prototype; la différence entre ces deux unités paraît même atteindre à peu près $\frac{1}{10\,000}$. La détermination définitive de cette différence, dont le Bureau international s'occupe activement, sera d'ailleurs connue prochainement.

Il est donc nécessaire, et le Comité international s'est déjà prononcé en 1880 dans ce sens, de distinguer, pour toutes les applications de précision, entre le volume de 1000^{cm}³ et le litre, défini par le volume de la masse d'un kilogramme d'eau pure à son maximum de densité.

Il résulte de ces considérations qu'il faudrait éviter toute altération de la valeur du litre, qui serait la conséquence de la définition proposée dans le projet du *Medical Council*.

LE BUREAU DU COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Le Secrétaire,

Le Président,

Signé : D^r AD. HIRSCH.

Signé : D^r W. FOERSTER

Paris, le 17 avril 1897.

M. le PRÉSIDENT demande à la Commission des Comptes et des Finances de présenter la première partie de son rapport.

M. BERTRAND, président de cette Commission, prie M. ARNDTSEN de lire ce premier rapport, qui est du reste très court, puisqu'on n'a rien trouvé à reprendre dans les comptes du Bureau.

M. ARNDTSEN donne lecture du document suivant :

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

En examinant en détail les comptes pour les exercices de 1895 et 1896, la Commission des Comptes et des Finances s'est convaincue que les comptes et les livres ont été tenus d'une manière très claire et tout à fait irréprochable.

Ayant constaté, en outre, que toutes les dépenses sont justifiées par des pièces à l'appui, la Commission propose, en conséquence, d'approuver les comptes du Bureau international des Poids et Mesures pour les exercices de 1895 et 1896 et d'en donner décharge pleine et entière à M. le Directeur.

Le Rapporteur,

Signé : A. ARNDTSEN.

Le Président,

Signé : J. BERTRAND.

Aucune observation n'étant présentée, M. le PRÉSIDENT met aux voix la conclusion de ce rapport, et *le Comité, à l'unanimité, approuve les comptes du Bureau international des Poids et Mesures pour les exercices de 1895 et 1896, et en donne décharge pleine et entière à M. le Directeur.*

Suivant l'ordre du jour, M. THALÉN, président de la Commission des Instruments et des Travaux, annonce que celle-ci a pu, dans une première séance, terminer une partie de sa tâche, et il prie M. de Bodola de rendre compte des résolutions formulées.

M. DE BODOLA donne lecture du rapport suivant :

Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.

PREMIÈRE PARTIE.

La Commission des Instruments et des Travaux, composée de MM. Hepites, von Lang, Mendeleeff, Thalén et de Bodola, s'est réunie au complet, samedi 17 avril 1897, et s'est constituée en nommant M. Thalén président et M. de Bodola rapporteur. M. Foerster, président du Comité, et M. Benoit, directeur du Bureau international, assistaient à la séance.

1. La première question discutée a été la proposition de M. Mendeleeff, renvoyée par le Comité à la Commission, et tendant à compléter la définition du litre de manière à fixer la pression pour laquelle le volume d'un kilogramme d'eau représente le litre, sans inscrire, dans la définition, la valeur numérique du coefficient de compressibilité de l'eau.

La Commission a été unanime à reconnaître la nécessité de compléter dans ce sens la définition du litre, et, sur la proposition de M. Foerster, elle est d'avis d'adopter, comme pression normale, la pression de 760^{mm} déjà introduite et sanctionnée dans plusieurs définitions antérieures. Elle propose donc au Comité de fixer, pour la définition du litre, la formule suivante :

« Le litre est le volume occupé par un kilogramme d'eau pure au maximum de densité et sous la pression normale. »

Cette définition sera immédiatement valable pour le Service international des Poids et Mesures, et il appartiendra à la prochaine Conférence générale de la sanctionner pour la Métrologie générale.

2. La Commission s'est ensuite occupée des déterminations des étalons à bouts. Elle a appris avec satisfaction, par le Rapport de M. le Directeur, que la différence trouvée tout d'abord entre les résultats de la méthode des contacts et ceux de la méthode optique, a été considérablement atténuée par de nouvelles séries de comparaisons faites au moyen d'objectifs de plus grande ouverture, et complètement étudiés dans leurs propriétés dioptriques.

Il est donc maintenant indiqué de rédiger définitivement les certificats des mètres à bouts et de les délivrer.

M. Benoît est prêt à soumettre au Comité, dans la présente session, le projet de rédaction pour ces certificats.

3. A cette occasion, la Commission, sur la proposition de M. Foerster, émet le vœu que le Bureau soit invité, lorsque les travaux plus urgents le permettront, à étudier et à perfectionner encore la méthode des pointés optiques, ce qui serait d'une grande importance également pour les observations barométriques fondamentales.

4. Au sujet des étalons du millimètre et du centimètre, la Commission constate avec plaisir la réussite complète des travaux poursuivis pour les déterminer par la méthode des ondes lumineuses, et propose de charger M. le Directeur Benoît de rédiger un projet de communication destiné à être adressé aux Gouvernements et aux savants, pour les informer que le Bureau international est en état de faire construire, sous sa direction et sa surveillance, des millimètres et des centimètres divisés en millimètres.

En même temps, M. le Directeur donnera au Comité les éléments nécessaires pour fixer le prix auquel le Bureau pourrait procurer les étalons en question à ceux qui les demanderaient.

5. La Commission, s'occupant ensuite de la détermination du volume d'un kilogramme d'eau pure, a constaté avec la plus grande satisfaction l'heureux succès des travaux déjà exécutés au Bureau pour résoudre cet important problème.

Ces travaux, d'une difficulté extrême et d'une délicatesse exceptionnelle, seront certainement très remarqués dans le monde scientifique.

Les déterminations volumétriques par la méthode des ondes lumineuses, qui constituent une partie essentielle de ces études, sont actuellement terminées, tandis qu'on continue encore les recherches pour arriver à déterminer, par la méthode des contacts, les volumes des corps immergés; cependant, cette dernière méthode a déjà fourni des résultats constituant un contrôle précieux pour les valeurs obtenues par la méthode des franges.

Afin d'éviter les inconvénients provenant du degré de précision certainement inférieur que présente la méthode des contacts, il importe de l'appliquer à des corps assez volumineux, pour que l'erreur absolue soit moins préjudiciable.

6. M. Mendeleeff propose que, dans le même but de la détermi-

nation du volume d'un kilogramme d'eau pure, on utilise également la sphère prêtée par M. Chaney. La Commission, après les explications de M. Benoît, se prononce en faveur de cette proposition, pourvu que cette sphère ne dépasse pas, dans ses dimensions, la place disponible sous les microscopes du comparateur.

7. Au sujet de la proposition de M. Arndtsen, désirant que le Rapport scientifique de M. le Directeur soit imprimé en épreuves et distribué, avant l'ouverture des séances, aux membres du Comité, M. le Directeur a déclaré ne pas y être opposé, pourvu que ces épreuves soient considérées comme tout à fait confidentielles, de sorte que rien n'en puisse être publié avant l'apparition des *Procès-Verbaux*.

La Commission appuie la proposition de M. Arndtsen dans le sens indiqué par M. le Directeur.

8. A la demande de M. Mendeleeff, la Commission propose au Comité de faire imprimer, dans les *Procès-Verbaux*, le Tableau des poids et mesures russes comparés aux poids et mesures métriques et anglais, Tableau distribué par M. Mendeleeff aux membres du Comité.

Le Rapporteur,

Le Président,

Signé : LOUIS DE BODOLA.

Signé : ROB. THALÉN.

M. le PRÉSIDENT soumet à la discussion chacun des points contenus dans ce rapport.

Au sujet de la première proposition demandant d'introduire la pression comme élément de la définition du litre, M. BERTRAND est d'avis qu'il ne suffirait pas de parler de la pression normale, mais qu'il convient de préciser en chiffres cette pression.

M. DE BODOLA ayant fait observer que le Comité s'est déjà occupé en 1880 et 1887 de fixer les éléments qui concourent à la définition qu'il s'agit de compléter, lecture est donnée des résolutions antérieures; ensuite le Comité décide, à l'unanimité, d'approuver la première proposition du rapport concernant la motion de M. Mendeleeff, en rappe-

lant les décisions antérieures qui se rapportent à la définition du litre.

Quant aux perfectionnements à apporter à la méthode des pointés au moyen d'images réfléchies, qui fait l'objet de la troisième proposition, **M. BENOIT** désirerait voir fixer dans quelle direction il y aurait lieu de continuer ces études; il lui paraît qu'il s'agit maintenant surtout de recherches sur l'influence de l'aberration des objectifs. Il prie du reste de ne pas perdre de vue que le Bureau est pour le moment et pour un temps encore assez long absorbé par des travaux plus urgents.

M. FOERSTER croit qu'en outre il y aurait lieu de rechercher quelques améliorations utiles à apporter à la méthode Cornu. Il est bien entendu que cette étude ne sera entreprise qu'après d'autres travaux plus pressants.

Avec cette réserve, le Comité approuve le vœu de **M. Foerster** appuyé par la Commission.

En ce qui concerne la construction des étalons de précision du millimètre et du centimètre, **M. HIRSCH**, loin de méconnaître l'importance de ce nouveau service à rendre par l'Établissement international, est convaincu qu'on répondra ainsi à un besoin des sciences et des arts techniques tellement général qu'il prévoit un nombre considérable de demandes. Avant de charger le Bureau lui-même de la construction de ces étalons micrométriques, il y a donc lieu de se rendre compte si l'on y possède les ressources budgétaires et de personnel nécessaires. Il rappelle, à cet égard, que jusqu'à présent le Bureau international a été appelé non pas à construire, mais seulement à vérifier les poids et mesures, les thermomètres, etc. qu'il a distribués. C'est ainsi que la construction des prototypes du Mètre et du Kilogramme a été remise soit aux soins de la Section française, soit à la maison Johnson, Matthey et C^{ie}, à Londres. Suivant ces précédents, **M. Hirsch** se demande s'il ne vau-

drait pas mieux confier la confection et la division de ces étalons à un constructeur capable, et de réserver au Bureau seulement la détermination des équations, des erreurs de division et de la dilatation.

M. BENOÎT répond aux préoccupations de M. HIRSCH que la situation est différente de celle d'alors. Le Bureau possède maintenant une belle machine à diviser, et un atelier de mécanicien muni de l'outillage nécessaire; d'autre part, l'alliage acier-nickel, qui fournira la matière des étalons micrométriques, est d'un prix tellement modique, comparativement à celui du platine iridié, qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter du capital absorbé par la construction de ces mesures. Par contre, le travail à consacrer à leurs comparaisons et vérifications sera, en effet, assez considérable pour qu'on doive prévoir la nécessité d'augmenter, à un moment donné, le personnel des aides; et, à ce point de vue encore, il ne faut pas s'exagérer l'importance des conséquences budgétaires, car, après avoir créé, pour le Bureau, les prototypes du millimètre et du centimètre par la méthode des ondes lumineuses, il va sans dire que les équations des autres étalons micrométriques seront déterminées au comparateur.

Par suite de ces explications, M. HIRSCH voit disparaître ses craintes et se réjouit que l'Établissement international puisse ainsi rendre un nouveau service signalé au progrès métrologique.

A propos de la demande d'employer, pour les pesées hydrostatiques, la sphère offerte par lui, M. CHANEY indique que le diamètre de cette sphère est de 6 pouces, c'est-à-dire environ de 0^m, 15. M. BENOÎT déclare que ces dimensions rentrent dans les limites de l'instrument, et que rien ne s'oppose, dès lors, à utiliser cette sphère pour la détermination de la masse du décimètre cube d'eau.

Après ces différentes explications et modifications, l'en-

semble des propositions du rapport est mis aux voix par M. le Président et *adopté par le Comité à l'unanimité.*

Le Comité ayant ainsi statué sur les premiers rapports des deux Commissions, M. le PRÉSIDENT, avant de donner la parole à M. Chappuis pour une communication concernant certains détails de ses recherches, désire rappeler au Comité quelques questions dont il convient encore de s'occuper dans cette session.

En premier lieu, il rappelle que, d'après les décisions prises par la dernière Conférence générale (voir *Comptes rendus de 1895*, p. 128 et 129) et d'après les délibérations du Comité sur ce sujet (voir *Procès-Verbaux de 1895*, p. 63), les comparaisons périodiques des prototypes nationaux du Kilogramme et des Thermomètres accompagnant les prototypes du Mètre doivent commencer en 1899. Or, comme le Comité ne se réunira pas l'année prochaine et que les Gouvernements et les Commissions nationales des Poids et Mesures tiendront probablement à être renseignés le plus tôt possible sur l'époque où ils devront se dessaisir de leurs prototypes pour un certain temps, il lui semble indiqué de fixer dès à présent certains points essentiels qui permettront au bureau d'adresser, au moment voulu, une circulaire aux Gouvernements pour les inviter à envoyer leurs prototypes au Bureau international. Il est à considérer aussi que le Bureau, de son côté, doit, sans trop tarder, se préoccuper des mesures préparatoires, entre autres au sujet des balances, qu'il faudra peut-être soumettre à une revision.

M. BENOÎT est également convaincu de la convenance de s'occuper, sans plus tarder, de cette importante tâche prescrite par la Convention. En effet, l'opération fondamentale préparatoire, qui consistera à comparer, en série fermée, le prototype international du Kilogramme, déposé dans le caveau de Breteuil, avec les étalons et témoins qui ont servi et qui serviront aux pesées, exigera un temps con-

sidérable, de sorte qu'on devra la commencer assez longtemps avant l'arrivée des Kilogrammes nationaux; d'autre part, des pesées récentes, qui ont été faites à l'occasion de la détermination de la masse d'un décimètre cube d'eau, ont montré des écarts qui doivent engager à s'assurer que les balances de Rueprecht n'ont pas subi d'altérations sensibles.

M. HIRSCH est un peu effrayé des soupçons qu'on paraît manifester à l'égard de ces magnifiques instruments; il aimerait entendre préciser les faits qui justifieraient ces doutes. Il comprendrait au besoin la nécessité et la possibilité de nettoyer et de réparer au Bureau même les mouvements de ces balances; mais s'il s'agissait de leurs organes essentiels, tels que couteaux, fléaux, etc., il faudrait évidemment les retourner à l'artiste qui les a construits.

M. CHAPPUIS explique que les différences constatées dont il est question sont, au fond, peu considérables; il s'agit de deux à trois centièmes de milligramme; or, on trouve des écarts analogues, et même un peu plus forts entre les pesées de M. Marek et de M. Thiesen. Du reste, toutes ces différences se tiennent à peu près dans les limites d'incertitude des pesées individuelles.

M. le PRÉSIDENT invite la Commission des Instruments et des Travaux à s'occuper de ce sujet et à apporter des propositions dans une prochaine séance.

M. FOERSTER demande ensuite si l'on a fait au Bureau international des expériences qui justifieraient certaines appréhensions sur la constance avec laquelle on a maintenu la formule de composition chimique dans la fabrication du verre dur des thermomètres Tonnelot. En Allemagne, il a été émis quelques doutes à cet égard.

M. BENOÎT croit que M. Guillaume, qui s'occupe spécia-

lement de la Thermométrie, et qui assiste à la séance, pourra donner les renseignements désirés.

M. GUILLAUME explique qu'il n'a pas été fait de nouvelles analyses des verres employés par M. Tonnelot. Dans ces derniers temps, les tiges des thermomètres ont présenté plus d'une fois des taches blanchâtres qui gênent parfois les lectures; de plus, comme ces taches sont dues à des matières non combinées à la silice et probablement solides à la température de fusion du verre, elles sont souvent accompagnées d'irrégularités dans le tube.

Plusieurs thermomètres pour lesquels ce défaut était accentué ont été refusés par le Bureau.

Le Bureau est entré récemment en pourparlers avec M. L. Appert, dans le but d'arriver à une fourniture plus régulière des verres thermométriques.

D'ailleurs, la composition chimique n'est pas le seul facteur définissant la marche d'un thermomètre. Le verre d'Iéna 16 111, dont la composition diffère beaucoup de notre verre dur, donne une échelle sensiblement équivalente. Il arrive, au contraire, que des thermomètres livrés à la même époque, et dont les réservoirs et les tiges ont été pris dans le même lot, donnent des indications un peu différentes. Mais on n'a pas observé, dans ces dernières années, des différences systématiques plus fortes que celles qui ont été constatées dès le début de la fabrication des thermomètres en verre dur.

Voici, à titre d'exemple, les résultats des plus récentes comparaisons, les divergences étant rapportées à la moyenne des thermomètres comparés autrefois par M. Chappuis au thermomètre à gaz :

ANNÉES.	THERMOMÈTRES.	TEMPÉRATURES de comparaison.	DIVERGENCES.
1894	4837	20,0	-0,001
»	»	31,7	+0,002
»	4838	20,0	0,000
»	»	31,7	+0,002
»	11136	20,0	-0,004
»	»	40,0	+0,001
»	»	50,0	+0,001
»	11137	20,0	-0,001
»	»	40,0	+0,001
»	»	50,0	+0,001
»	11142	20,0	+0,001
»	»	40,0	+0,001
»	»	50,0	+0,003
»	11143	20,0	0,000
»	»	40,0	+0,001
»	»	50,0	+0,004
»	11144	20,0	-0,002
»	»	40,0	-0,001
»	»	50,0	+0,005
1896	11800	10,0	+0,005
»	»	30,0	+0,008
»	»	50,0	0,000
»	11801	10,0	+0,005
»	»	30,0	+0,006
»	»	50,0	+0,008
»	11804	30,0	+0,008
»	»	50,0	0,000
»	11805	30,0	+0,001
»	»	50,0	0,000
»	11811	10,0	0,000
»	»	30,0	+0,001
»	»	50,0	+0,005
1897	11811	20,0	-0,001
»	après la réfection	30,0	-0,001
»	du réservoir.	50,0	-0,005

Les plus fortes divergences nous ont surpris et nous ont fait penser qu'elles étaient dues en partie à des erreurs accumulées ;

mais de nouveaux calibrages et de nouvelles comparaisons nous ont donné sensiblement les mêmes résultats.

Quant à la constance des thermomètres, elle a été vérifiée par des calibrages et des mesures de l'intervalle fondamental de huit de nos thermomètres de premier ordre, pour lesquels ces mesures ont été faites lorsque les thermomètres étaient neufs (1884-1885) et répétées huit ans après pour les intervalles fondamentaux et dix ans après pour le calibrage.

Entre ces deux calibrages, l'intervalle fondamental de chacun des thermomètres a été déterminé plus de vingt fois. Voici les résultats de ces mesures :

Variation moyenne de l'intervalle fondamental... $-0^{\circ},0008$

Variation moyenne des corrections de calibre :

a. Thermomètre à une ampoule.

Variation de la correction du point 50..... $-0^{\circ},0001$

b. Thermomètre à deux ampoules.

Variation moyenne de la correction du point 32.. $-0^{\circ},0002$

Variation moyenne de la correction du point 66.. $+0^{\circ},0003$

M. le PRÉSIDENT émet enfin le vœu qu'il soit établi une collection de toutes les résolutions et décisions fondamentales prises dans le cours des sessions par les Conférences générales ou par le Comité international, afin qu'on puisse les consulter facilement dans les séances et à l'occasion de nouveaux travaux, ainsi que le besoin s'en est fait sentir fréquemment.

M. HEPITES appuie l'idée exprimée par **M. le Président** et croit qu'il serait pratique de joindre cette collection, sous forme d'annexe, aux *Procès-Verbaux* du Comité.

M. le SECRÉTAIRE se déclare prêt à se charger de ce travail avant la prochaine réunion du Comité; il ne manquera pas d'adresser un tirage à part à tous les membres du Comité.

A cette occasion, **M. HEPITES** demande s'il a été donné

suite, par le bureau, à la collaboration avec la Société royale de Londres, pour ce qui regarde la Métrologie, dans le grand Travail de Bibliographie scientifique.

M. le PRÉSIDENT répond qu'on s'occupera, dans une prochaine séance, de cette question, qui a peut-être changé un peu d'aspect depuis la fondation, à Bruxelles, d'une institution bibliographique.

M. le PRÉSIDENT invite M. Chappuis à communiquer au Comité des données concernant les expériences sur les pesées hydrostatiques et les mesures des dimensions des corps immergés, auxquelles il s'est livré en vue de la détermination de la masse du décimètre cube d'eau.

M. CHAPPUIS, qui met sous les yeux du Comité plusieurs appareils et instruments, s'exprime de la manière suivante :

Les avantages de la forme cubique sont évidents, car les opticiens habiles parviennent aujourd'hui à faire des plans d'une grande perfection; mais il était à craindre qu'il fût impossible d'obtenir des arêtes vives, ne présentant pas d'éclats ou de défauts qui diminueraient sensiblement le volume du corps en question. Un cube de quartz, destiné à des mesures analogues, ayant été envoyé au Bureau international pour la détermination de sa masse, fournit une première réponse très rassurante à cette objection. Ses arêtes très vives ne présentaient que des défauts minimes, à l'exception toutefois d'un éclat très visible dans le voisinage d'un angle. La mesure des dimensions de cet éclat, faite au comparateur universel, donna, pour son volume,

$$0^{\text{mm}^3}, 00066,$$

quantité tout à fait insignifiante.

Quant au choix de la matière, il fut en quelque sorte imposé par la difficulté de trouver un bloc de quartz suffisamment pur possédant les dimensions requises. La nature cristalline de cette matière augmentait d'ailleurs extrêmement les difficultés du travail. Il semble au premier abord que la présence de macles soit sans conséquence pour des recherches dans lesquelles la forme extérieure joue seule un rôle; mais les opticiens savent bien que les macles se trahissent immédia-

tement sur une surface taillée par une différence brusque de niveau, qui pourrait rendre la mesure des dimensions fort difficile.

Ces considérations ont fait préférer le verre optique crown au quartz, quoique l'emploi du verre puisse donner lieu à d'autres inconvénients, dont les principaux sont les déformations permanentes résultant de la trempe et de la solubilité du verre dans l'eau.

Pour éviter autant que possible les effets de la trempe du verre, on a choisi, pour la construction des cubes, des blocs de verre ne présentant que des traces de double réfraction. Malgré ces précautions, on a constaté à la fois par les mesures des dimensions et par les pesées hydrostatiques du cube II une faible contraction équivalente à une variation de volume de $0^{\text{mm}^3},4$ en moyenne.

Quant à la solubilité du verre, elle s'est nettement manifestée dans les pesées, comme on l'a vu par les chiffres du Rapport de M. Benoit, mais les diminutions de volume qui en résultent sont très faibles, car elles n'atteignent que

$0^{\text{mm}^3},097$ pendant les premières pesées hydrostatiques
et

$0^{\text{mm}^3},055$ pendant les deuxièmes pesées hydrostatiques.

Si l'on remarque que le cube s'est trouvé, dans chacune des séries de pesées, en contact avec plus de 8^l d'eau distillée, on pourra se convaincre que la variation de densité de l'eau produite par le verre dissous n'a aucune influence sensible sur les déterminations actuelles.

De plus, si une variation régulière de la densité de l'eau s'était produite dans le cours des mesures par dissolution du verre ou des supports métalliques, cette variation devrait se manifester dans les observations faites sur la même eau à plusieurs journées d'intervalle. Or, les erreurs résiduelles des pesées ne présentent pas de marche systématique permettant des conclusions semblables, et l'erreur probable d'une observation qui résulte des douze mesures de la première série de pesées est inférieure à $\pm 0,000001$ du volume mesuré.

La deuxième série de pesées conduit au même résultat.

Les corrections dues à la dissolution de l'air dans l'eau distillée ont été déduites du Tableau donné par M. Marek (*Ann. de Wiedemann*, t. XLIV, p. 71; 1891). Après avoir établi par des expériences la progression de la dissolution de l'air dans les conditions spéciales des pesées hydrostatiques, M. Chappuis a déterminé la quantité d'air en

solution, à la fin des pesées, sur un échantillon de chaque eau, en employant la méthode si pratique de MM. Behrens et Jakobsen (1). Il a constaté à cette occasion que les quantités d'air dissous indiquées par Bunsen pour la saturation complète sont sensiblement trop faibles.

Après ces explications, M. Chappuis met sous les yeux du Comité l'un des cubes de verre et une partie des appareils dont il s'est servi pour les mesures par la méthode des interférences.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Chappuis de son exposé intéressant; il fixe la prochaine réunion au jeudi 22 avril, pour 2^h30^m; il prie la Commission des Instruments et des Travaux de se réunir mardi 20 avril, à 10^h, à Breteuil, et la Commission des Finances de siéger mercredi 21, à 10^h, à Paris.

La séance est levée à 5^h.

(1) Voir à ce sujet *Dun norske Nordhavs-Exped.* 1876-1878 (*Chemi. Hercules Tornoe*, p. 6; Christiania, Gröndahl et Sons; 1880).



PROCÈS-VERBAL

DE LA QUATRIÈME SÉANCE,

Judi 22 avril 1897,

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, BENOÎT, BERTRAND, DE BODOLA, CHANEY, HÉPITES, HIRSCH, VON LANG, DE MACEDO, MENDELEEFF, THALÉN.

MM. CHAPPUIS et GUILLAUME, Adjointes du Bureau, assistent à la séance comme invités.

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

M. le PRÉSIDENT rappelle au Comité que l'ordre du jour comprend tout d'abord la suite des rapports des deux Commissions.

M. THALÉN, président de la Commission des Instruments et des Travaux, invite **M. de Bodola** à lire le deuxième rapport, dont voici le texte :

Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.

DEUXIÈME PARTIE.

La Commission des Instruments et des Travaux a tenu une deuxième séance à laquelle tous ses membres étaient présents. **M. Foerster**, président du Comité, et **M. Benoît**, directeur du Bureau international,

assistaient à la séance et, sur l'invitation de M. le Président, MM. Chapuis et Guillaume ont aussi pris part aux discussions.

La Commission s'est occupée des questions suivantes :

1. M. DE BODOLA a proposé, étant donnée la faible différence entre la définition du litre reposant sur le volume de la masse d'un kilogramme d'eau et l'ancienne définition par le décimètre cube, et pour éviter toute confusion et toute inexactitude possibles, qu'on fixe d'une manière précise les valeurs des éléments physiques qui concourent à la nouvelle définition.

La Commission, reconnaissant l'importance du sujet, propose, après une discussion approfondie, que le Comité statue à cet égard, dès que les travaux en cours sur la détermination de la masse du décimètre cube d'eau pure seront terminés, ce qui permettra de réunir toutes les données numériques de ce problème.

Elle propose en conséquence de renvoyer à la prochaine session du Comité la solution définitive de cette question, pour la soumettre à la sanction de la Conférence générale de 1901.

2. M. Guillaume a attiré l'attention de la Commission sur des décisions prises par diverses Sociétés savantes concernant l'unité de pression. Cette unité doit logiquement être reliée au système C. G. S. Or, il se trouve que la pression égale à un million d'unités C. G. S de pression (mégadyne par cm^2) est presque exactement représentée par la pression exercée par une colonne de mercure de 750^{mm} , dans des conditions normales de température et d'accélération de la pesanteur.

La Commission nommée par la Société française de Physique, en vue d'étudier un système complet d'unités fondamentales, a déjà adopté pour la pression cette valeur, qu'elle désigne par le nom de *Barye*.

Des propositions analogues ont été faites en Angleterre.

Après les explications données par MM. Foerster et Benoît, la Commission, tout en reconnaissant le réel intérêt théorique de la nouvelle unité, ne croit pas, pour le moment, indiqué de prendre une décision qui obligerait, sans grand avantage pratique, à un changement de toutes les données expérimentales déduites directement ou indirectement de l'unité de pression, et qui, en particulier, aurait pour conséquence de modifier les constantes thermométriques.

3. Sur la demande de M. Foerster, la Commission propose au Co-

mité de compléter la résolution prise dans sa dernière séance, à l'égard des étalons micrométriques du millimètre et du centimètre, en autorisant le Bureau à faire construire, sous sa direction et sa surveillance, aussi des étalons du décimètre divisé en millimètres.

4. La Commission propose en outre de charger le bureau du Comité de rappeler aux Gouvernements les décisions prises par la dernière Conférence générale au sujet de la première comparaison périodique des kilogrammes prototypes nationaux et des thermomètres accompagnant les mètres prototypes, et de les prier de bien vouloir mettre leurs Services spéciaux des Poids et Mesures en correspondance directe avec le Bureau international, pour qu'on puisse se concerter d'avance sur un ordre d'envoi des kilogrammes et des thermomètres au Bureau, ce qui permettra de faire toutes les comparaisons nécessaires en évitant, autant que possible, des pertes de temps et un séjour trop prolongé de ces étalons au Bureau international.

5. La Commission propose au Comité d'autoriser M. le Directeur à pourvoir en temps utile à la revision des balances, de façon que la vérification des kilogrammes nationaux puisse être commencée à l'époque décidée, et être exécutée dans des conditions aussi satisfaisantes que possible.

Le Rapporteur,

Signé : LOUIS DE BODOLA.

Le Président,

Signé : ROB. THALÉN.

La discussion est ouverte sur les différentes propositions de ce rapport.

Le renvoi à la prochaine session de la solution définitive de toutes les questions se rattachant à la définition du litre est adoptée sans opposition.

Le Comité approuve l'avis de la Commission de ne pas s'appropriier pour le moment la nouvelle unité de pression définie par la Société française de Physique.

La proposition consistant à autoriser le Bureau à livrer au monde scientifique et technique des étalons, non seulement du millimètre et du centimètre, mais aussi du décimètre, provoque un certain nombre d'observations.

M. HIRSCH n'a aucune objection contre l'autorisation pour le Bureau de faire construire aussi, sous sa direction, les étalons du décimètre; mais il faudrait compléter cette formule en précisant que la tâche principale du Bureau consiste à établir les équations de ces étalons et leurs erreurs de division. En outre, il aimerait qu'on précisât exactement comment on entend diviser ces décimètres étalons; se propose-t-on de diviser les décimètres dans toute leur longueur en millimètres, ou veut-on se borner, ce qui lui semblerait suffisant, à les diviser seulement en dix centimètres, et un des centimètres extrêmes en millimètres?

MM. BENOÎT et **DE BODOLA** préfèrent la division complète en 100^{mm} , pour qu'on ne soit pas obligé de modifier la marche de la machine à diviser pendant son travail, ce qui la dérange toujours plus ou moins; mais **M. le DIRECTEUR** fait observer que, bien entendu, il ne s'agira d'étudier, sur ces cent divisions, que les traits marquant les dix centimètres et les dix millimètres d'un centimètre extrême. Autrement, on serait conduit à un travail qui dépasserait le temps dont le Bureau peut disposer pour cette tâche. Du reste, il n'est pas nécessaire dans la pratique que tous les traits des échelles soient étudiés, pourvu qu'on connaisse les traits dont les équations ont été déterminées.

M. CHAPPUIS fait remarquer que ces échelles seront accompagnées de certificats qui contiendront tous les résultats de l'étalonnage, de sorte qu'on saura, sans équivoque possible, lesquels des traits ont été étudiés.

M. FOERSTER ne verrait pas cependant, sans quelque crainte, livrer par le Bureau des échelles divisées dont une partie seulement des traits seraient déterminés, car on n'est pas certain que tous ceux qui s'en serviraient recourront aux certificats dans toutes leurs opérations.

M. MENDELEEFF estime qu'on pourrait parer facilement à

cette difficulté en numérotant les traits étudiés, qui seraient ainsi, sur l'échelle même, distincts des autres.

M. BENOÎT estime que dans une échelle millimétrique il serait assez difficile de numéroter les traits par des chiffres assez visibles, mais qu'on pourra peut-être marquer par des points ou des lignes transversales les traits étudiés.

Le Comité approuve la proposition de la Commission, en tenant compte des observations qui viennent d'être présentées, et *autorise le Bureau à faire construire, sous sa direction et sa surveillance, en nickel-acier, non seulement des millimètres et des centimètres, mais aussi des décimètres étalons divisés en millimètres sur toute leur longueur.* Quant à la vérification de ces étalons, qui rentre dans les attributions essentielles du Bureau, elle comprendra, pour les décimètres, les dix traits indiquant les centimètres et les dix millimètres d'un *centimètre* extrême.

En ce qui concerne les comparaisons périodiques des prototypes, prescrites par la Convention du Mètre, dont s'occupe la quatrième proposition de la Commission, celle-ci est d'abord complétée par quelques observations dont M. le Rapporteur tient compte immédiatement dans sa rédaction.

M. MENDELEEFF exprime quelques doutes sur la nécessité de faire venir les thermomètres normaux, et il n'est pas même certain que les Gouvernements consentiront facilement à se dessaisir, pour un temps probablement assez long, de leurs prototypes.

M. HIRSCH explique qu'il s'agit de faire venir, non pas tous les thermomètres normaux distribués, mais seulement ceux qui ont accompagné les mètres prototypes, et comme la constance des mètres prototypes dépend en partie de l'invariabilité de leur dilatation, dont on ne peut s'assurer qu'après avoir constaté dans quelles limites les thermo-

mètres ont varié, la Conférence générale a jugé nécessaire de faire venir ces thermomètres à la même époque que les kilogrammes.

M. FOERSTER rappelle que les États contractants, ayant consenti, par la Convention du Mètre, à ces vérifications périodiques des prototypes, ne se refuseront pas à les envoyer dans ce but au Bureau international.

M. MENDELEEFF déclare qu'après ces explications il est prêt à voter cette résolution.

Le Comité adopte par conséquent à l'unanimité la proposition dont il s'agit.

Il en est de même pour la dernière proposition chargeant le Bureau de reviser à temps les balances. Il est formellement entendu, à la demande de M. Hirsch appuyée par M. le Directeur, que, si la revision démontrait la nécessité de toucher aux organes essentiels des balances, on aurait recours au constructeur lui-même.

M. le PRÉSIDENT met aux voix l'ensemble du deuxième Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux, qui, avec les quelques amendements apportés par la discussion, est adopté à l'unanimité.

M. BERTRAND, président de la Commission des Comptes et des Finances, prie M. le Rapporteur de présenter son second Rapport.

M. ARNDSTEN en donne lecture :

Second Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.

Le Rapport financier de M. le Directeur étant très clair et très complet, la Commission n'a que la remarque suivante à formuler :

On trouve, au Compte III de l'exercice de l'année 1895, une somme de 2500^{fr}, destinée aux *Appareils pour la détermination du décimètre cube d'eau*.

D'après les principes établis par le Comité, aussi bien que par la Conférence générale de 1895, toutes les dépenses pour cette détermination doivent être inscrites au Compte II.

En conséquence, la Commission propose que cette somme de 2500^{fr} soit transférée du Compte III au Compte II.

En même temps, la Commission propose qu'on transfère de l'actif disponible du Compte V au Compte II, la somme de 34803^{fr}, 10 qui, ajoutée aux 30196^{fr}, 90 déjà inscrits à ce même compte, représente la totalité de la contribution extraordinaire de 65000^{fr}, accordée au Comité par les Gouvernements.

Il est entendu qu'il suffira d'opérer ces transcriptions à partir des Comptes de 1897.

D'après le Rapport de M. le Directeur, le Compte III a eu, au commencement de l'Exercice de 1897, un actif disponible de..... fr 37972,43

Dans le cas où le Comité approuverait la proposition précédente, il faudrait y ajouter la somme mentionnée de 2500,00

L'actif disponible du Compte III, au commencement de l'année 1897, serait donc de..... 40472,43

En supposant que les contributions réglementaires de 75000^{fr} rentrent sans arriérés, et que le total des dépenses prévues pour le même exercice ne soit pas dépassé, l'actif disponible non seulement ne sera pas diminué, mais sera plutôt un peu augmenté par les intérêts à percevoir pendant cette année.

Voici maintenant le budget que la Commission soumet à l'approbation du Comité pour les deux exercices de 1898 et 1899 :

Projet de budget pour chacun des exercices de 1898 et 1899.

A.	Personnel :	fr
1.	Directeur.....	15000
2.	2 Adjoints.....	12000
3.	Mécanicien.....	3000
4.	Garçon de bureau.....	1800
5.	Concierge.....	240
6.	Aide-calculateur.....	3000
7.	Aides pour les études thermométriques.....	3460
		<u>38500</u>

	Report.....	38500	fr
	Indemnité pour services et travaux extraordinaires des deux Adjointes.....	4000	
			<hr/>
			42500
B.	Indemnité du Secrétaire		6000
C.	Frais généraux d'administration :		
	1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.....	4000	
	2. Entretien des machines.....	200	
	3. » des instruments.....	800	
	4. Frais d'atelier	400	
	5. » de laboratoire.....	900	
	6. Achat de glace.	900	
	7. Frais de chauffage.....	2700	
	8. » d'éclairage et de gaz pour moteur.	3000	
	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.	8000	
	14. Frais de secrétariat.....	1000	
	15. » divers et imprévus.....	2647	
			<hr/>
			26500
	Total.....		<hr/>
			75000

Comme ces budgets sont identiques avec celui de l'année courante, il n'y a pas d'autres remarques à ajouter.

Le Rapporteur,

Signé : A. ARNDTSEN.

Le Président,

Signé : J. BERTRAND.

M. FOERSTER, qui a pris part à la séance de la Commission, désire expliquer pourquoi le transfert demandé, de la somme de 34803^{fr}, 10, du compte V au compte II n'a pas pu être opéré plus tôt. En effet, la décision de la Conférence générale de 1895 de demander, sur la base de l'article 21, aux Hauts Gouvernements, une contribution extra-

ordinaire de 65000 francs et de couvrir cette contribution par la rentrée des arriérés de la Turquie, n'a pu être soumise aux Gouvernements que dans le Rapport financier suivant, de sorte que le consentement des États à cet arrangement n'a pu être obtenu qu'en 1896. On a donc été obligé de maintenir au compte V, pour l'exercice de 1896, la somme en question, qu'il est maintenant justifié de transporter au compte II.

M. le PRÉSIDENT demande si quelque Membre a des observations à présenter en ce qui concerne le projet des budgets pour 1898 et 1899.

M. le DIRECTEUR désire simplement faire remarquer que ces prévisions sont, sauf quelques petites modifications insignifiantes, indiquées par des circonstances momentanées, identiques à celles des deux exercices précédents.

Le Comité adopte à l'unanimité les conclusions du second Rapport de la Commission des Comptes et des Finances et approuve en particulier les projets de budgets pour les exercices de 1898 et de 1899.

M. le PRÉSIDENT annonce au Comité que la Commission des Comptes et des Finances doit se réunir à nouveau pour s'occuper encore de la question compliquée de la Caisse de retraite. La Commission des Instruments et des Travaux présentera de son côté un troisième Rapport dans la prochaine séance.

Il invite ensuite les Membres du Comité qui auraient quelques motions à proposer à les présenter.

M. HEPITES demande à faire une proposition dans le but d'obtenir de la part du Comité l'autorisation, pour le Bureau, de déterminer les dimensions et la masse des barreaux aimantés des théodolites employés aux levés magnétiques dans les différents pays. Dans la Conférence météorologique qui s'est tenue à Paris l'automne dernier,

on s'est beaucoup préoccupé du développement à donner à l'étude du magnétisme terrestre.

Sans être formellement chargé de faire auprès du Comité cette démarche, M. Hepites croit pouvoir profiter de sa double qualité de Membre de la Commission météorologique et du Comité des Poids et Mesures, pour demander à ce dernier de contribuer au progrès des études magnétiques, en déterminant les constantes des principaux instruments employés dans les observatoires et dans les levés magnétiques. Étant chargé dans son pays de cette branche scientifique, M. Hepites s'est convaincu de l'importance de ces vérifications.

M. HIRSCH salue toujours avec grand plaisir toute occasion, pour le Bureau international, de rendre de nouveaux services importants au développement des sciences. Il appuie donc volontiers la motion de M. Hepites, d'autant plus qu'en Suisse aussi on est occupé actuellement à organiser les études magnétiques. Dans ce pays, c'est la Commission géodésique qui en a pris l'initiative et qui dirigera probablement les levés magnétiques. Il estime donc que les vérifications proposées par M. Hepites pourront être accordées, sur la demande non seulement des Services météorologiques, mais aussi des autres institutions scientifiques appelées à diriger les études du magnétisme terrestre. Il est bien entendu que ces vérifications s'appliqueraient aux grands instruments qui servent, dans les observatoires magnétiques, aux mesures d'inclinaison, de déclinaison et d'intensité, aussi bien qu'aux théodolites de campagne.

M. DE MACEDO appuie également la motion de M. Hepites, dont il reconnaît tout l'intérêt; toutefois, il espère que ces déterminations des instruments magnétiques ne nuiront pas aux autres travaux fondamentaux qui constituent la tâche principale du Bureau des Poids et Mesures.

M. BENOÎT est d'avis que ces travaux rentrent parfaitement dans la compétence du Bureau. Du reste, les déter-

minations dont il s'agit n'exigent pas le même degré de haute précision que les études fondamentales métrologiques, de sorte qu'il n'y a pas à craindre qu'elles absorbent un temps trop considérable. M. Benoît signale une seule difficulté, en raison des perturbations que les barreaux aimantés pourront produire sur certains appareils délicats du Bureau.

M. VON LANG dit qu'il sera très facile de les désaimanter. Une fois leurs dimensions et leur poids déterminés, on les réaimantera.

Quant au point touché par M. Benoît, concernant le temps que ces vérifications de barreaux magnétiques pourraient prendre à Breteuil, M. HIRSCH est d'avis qu'on devra se borner à exécuter ces mesures seulement à la demande des institutions scientifiques spécialement chargées des études du magnétisme terrestre; mais qu'on ne devra pas pour ainsi dire provoquer ces vérifications.

Après ces différentes explications et avec les réserves mentionnées, le Comité accorde au Bureau l'autorisation demandée par M. Hepites.

M. BERTRAND offre, pour la Bibliothèque du Bureau, le volume *Tables de Mortalité*, que les grandes Compagnies françaises d'assurances ont publiées en 1895 et qui pourront être consultées avec avantage dans les études que le Comité poursuit en ce moment sur le projet d'une caisse de retraites.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Bertrand de cette nouvelle preuve de l'intérêt qu'il ne cesse de porter à l'Institution internationale.

M. le PRÉSIDENT désire renseigner le Comité sur l'état actuel de la question de la *Bibliographie métrologique*, qui n'a pas été perdue de vue. L'automne dernier, une Conférence internationale s'est tenue à Londres pour or-

ganiser cette belle entreprise de la Société Royale, dont les bases financières ont été largement assurées, ainsi que la coopération des Académies, Sociétés savantes, et aussi des Institutions internationales. Le bureau ne tardera pas à se mettre également en relations avec la Société Royale de Londres. Il s'informera aussi du programme que se propose de suivre la nouvelle Société bibliographique fondée récemment à Bruxelles.

En ce qui concerne le *Recueil des lois et règlements qui, dans les différents pays, régissent le Service des Poids et Mesures* et, en particulier, des mesures légales introduisant les nouveaux prototypes, pour lequel le bureau a déjà en 1893 prié les Hauts Gouvernements de communiquer les documents au Comité, M. le PRÉSIDENT explique que, si cette tâche importante n'est pas encore avancée autant qu'on l'aurait désiré, c'est qu'il existe encore des lacunes assez nombreuses dans les matériaux que l'on se propose de réunir et de publier. La France, par exemple, qui est le berceau du Système métrique et le siège de l'Établissement international des Poids et Mesures, n'a pas encore répondu sur ce point à la dépêche du 12 janvier 1893; il paraît même que les anciens prototypes des Archives continuent à régir théoriquement le Service des Poids et Mesures en France.

M. BERTRAND est persuadé qu'il ne faut pas voir dans cette omission l'intention de ne pas adopter les nouveaux prototypes; mais simplement le fait que la chose a été considérée comme allant tellement de soi, qu'on n'a pas songé à faire accepter formellement les nouveaux prototypes par une loi spéciale. Quoi qu'il en soit, M. Bertrand demandera des renseignements à ce sujet auprès des autorités compétentes. Dans ce but, il aimerait recevoir par le bureau un résumé de la situation dans les autres pays.

M. MENDELEEFF demande si l'on désire la communication non seulement des lois, mais même des instructions mi-

nistérielles concernant les poids et mesures. Dans ce dernier cas, ce serait toute une bibliothèque de volumes et de fascicules à envoyer. Il désirerait également savoir si ces documents, qui sont naturellement en russe, doivent être envoyés traduits.

M. DE MACEDO a toujours compris que ces documents, pour pouvoir être consultés utilement dans tous les pays, doivent être traduits en langue française, qui est la langue des publications du Comité international des Poids et Mesures; et puisqu'il s'agit de documents officiels, il importe que ces traductions soient faites dans chaque pays, sous le contrôle des autorités respectives.

M. HIRSCH ne croit pas que l'intention de la Conférence ait été de comprendre dans le Recueil en question les ordonnances de police et les instructions ministérielles qui règlent l'étalonnage du dernier degré s'appliquant aux poids et mesures pour l'usage du commerce et de l'industrie; elle a seulement voulu rassembler les lois et règlements qui, dans les différents pays, fixent la vérification des étalons du premier et du second degré.

M. FOERSTER fait cependant remarquer qu'il y aurait utilité aussi à connaître, par exemple, le degré de précision qui est exigé dans les différents pays pour les étalonnages des poids et mesures servant au commerce et à l'industrie. En Allemagne, par exemple, où l'on se préoccupe de régler ces opérations, on désirerait beaucoup connaître les limites d'erreurs qui sont tolérées dans les autres États, et on aimerait les voir collectionner et publier par les soins du Comité.

M. DE MACEDO est d'avis qu'il vaudrait mieux ne pas laisser aux administrations nationales le choix des documents à envoyer; on pourrait leur demander un ensemble de documents parmi lesquels le bureau choisirait ce qu'il penserait utile de publier.

M. le PRÉSIDENT croit, après cet échange de vues, apercevoir la voie à suivre, qui serait d'adresser aux Gouvernements une nouvelle circulaire, dans laquelle on résumerait les réponses déjà parvenues; cette circulaire serait accompagnée d'une sorte de programme, indiquant la nature et l'étendue des renseignements désirés.

Le Comité *approuve cette manière de procéder.*

MM. HEPITES et MENDELEEFF font observer à cette occasion que si l'on n'a pas reçu de leurs pays les données à ce sujet, il faut en voir la raison simplement dans le fait qu'on y est actuellement occupé à changer l'ensemble des lois et prescriptions météorologiques; de sorte qu'on a jugé peu utile de faire figurer dans une publication internationale une législation destinée à être prochainement remplacée.

M. le PRÉSIDENT fixe à samedi 24 avril, pour 3 heures, à Breteuil, la prochaine séance, dont l'ordre du jour comprendra les troisièmes rapports des deux Commissions. Le Comité sera ensuite appelé à examiner et à voir fonctionner la machine à diviser. Il demande au Comité d'autoriser le bureau à adopter et à signer en son nom les procès-verbaux des deux dernières séances, afin d'éviter une séance spéciale qui serait convoquée simplement dans ce but.

La séance est levée à 5 heures.



PROCÈS-VERBAL

DE LA CINQUIÈME SÉANCE,

Samedi 24 avril 1897,

PRÉSIDENTE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, BENOÎT, DE BODOLA, CHANEY, HEPITES, HIRSCH, VON LANG, DE MACEDO, THALÉN.

Les deux Adjointe du Bureau international, **MM. CHAPPUIS** et **GUILLAUME**, assistent à la séance.

La séance est ouverte à 3^h.

M. le PRÉSIDENT présente les excuses de **M. Bertrand**, qui regrette d'être empêché d'assister à cette dernière séance, et de **M. Mendeleeff** qui a été obligé de quitter Paris.

Le **SECRETÉAIRE** rend compte de la correspondance.

Le bureau a reçu, en réponse aux lettres qu'il avait été chargé d'adresser aux États dont les contributions étaient en retard, deux lettres des Légations du Portugal et de la République Argentine, annonçant que les démarches nécessaires seront faites.

Il donne connaissance ensuite d'une lettre de **M. d'Arrilaga**, auquel n'est pas parvenue la lettre de convocation que le Secrétaire est sûr de lui avoir adressée en même temps qu'à tous les autres Membres. Sans cette circon-

stance, M. d'Arrillaga aurait fait tout son possible pour prendre part à la session, malgré les difficultés qu'il avait signalées dans sa réponse à la circulaire concernant le changement d'époque des sessions; et s'il avait été définitivement empêché il aurait prié ses Collègues d'excuser son absence.

Le **SECRETARE** regrette profondément ce nouvel exemple d'accident postal; bien qu'il soit convaincu, par suite de sa longue expérience, que les pertes de lettres survenues ne sont pas du fait de la poste suisse, il s'informerait toutefois à cet égard après son retour et prendra dans l'avenir toutes les mesures de sécurité indiquées.

Enfin, le bureau a reçu une lettre de M. Chaney, l'informant qu'il a transmis le 19 avril au Conseil médical anglais la résolution du Comité au sujet de la détermination du Litre.

Sur l'invitation de M. le **PRÉSIDENT**, M. DE **BODOLA** lit la dernière partie de son Rapport ainsi conçue :

Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.

TROISIÈME PARTIE.

La Commission des Instruments et des Travaux s'est réunie, dans une troisième séance, jeudi 22 avril 1897. Étaient présents : MM. *Thalén*, président; *von Lang*, *Mendeleeff* et *de Bodola*, rapporteur. M. *Foerster*, président du Comité, et M. *Benoît*, directeur du Bureau international, assistaient à la séance et, sur l'invitation de M. le Président, MM. *Chappuis* et *Guillaume* ont pris part aux discussions.

1. La Commission propose que, à l'occasion des comparaisons périodiques des kilogrammes, le Bureau soit invité à étudier, dans les méthodes d'opérations et dans les dispositions des instruments, tous les perfectionnements dont les expériences les plus récentes, faites tant à Breteuil même que dans d'autres établissements scientifiques, ont pu montrer l'utilité.

2. La Commission propose, en outre, que le nécessaire soit fait pour assurer enfin la publication complète des pesées des kilogrammes prototypes nationaux.

3. Pour donner suite à la décision prise antérieurement de conserver dans le vide un des quatre mètres témoins accompagnant le prototype international, la Commission propose au Comité de renfermer le mètre désigné dans ce but, aussitôt que possible, dans un tube de verre évacué et scellé à la lampe.

4. La Commission propose au Comité de charger le Bureau de faire construire un mètre normal divisé en millimètres, avec l'alliage d'acier-nickel à dilatation minima, trouvé par M. Guillaume; ce mètre, affecté au service du Bureau, y suppléera la Règle normale utilisée jusqu'à présent.

5. La Commission propose que le bureau du Comité soit autorisé à s'entendre avec le bureau de l'Association géodésique internationale au sujet de l'emploi des crédits offerts par cette Association pour l'étude des métaux ou alliages qui possèdent les meilleures qualités pour la construction des étalons métrologiques et des règles géodésiques.

Une partie de ces crédits serait destinée, par exemple, à subventionner la construction d'une règle de 4^m de longueur en acier-nickel le moins dilatable, dont le Bureau se servirait pour les déterminations des règles géodésiques.

6. Quant au programme des publications des *Travaux et Mémoires* du Bureau, la Commission propose de confirmer les résolutions prises à cet égard dans la session de 1895, en ajoutant l'ensemble des études de M. Guillaume sur les alliages au programme des travaux à publier dans les Volumes XII et XIII.

Le Rapporteur,

Signé : LOUIS DE BODOLA.

Le Président,

Signé : ROB. THALÉN.

La discussion étant ouverte sur les différents points de ce rapport, M. HIRSCH désire être renseigné sur ce qu'on entend par les perfectionnements aux balances visés par la Commission, à la séance de laquelle il n'a pas pu assister. Pour sa part, il considère toujours les balances du Bureau

comme comptant parmi les instruments les plus perfectionnés de ce genre; et il n'oublie pas que les méthodes de pesées employées ont été conçues et sanctionnées par la haute autorité de l'illustre Stas, c'est-à-dire par l'homme considéré avec raison comme ayant réalisé l'idéal de la précision dans les pesées.

M. FOERSTER explique que l'amélioration principale dont on s'est occupé consiste dans un parfait isolement thermique, dans le but d'empêcher l'influence possible de la position variable de l'observateur par rapport aux deux bras du fléau, ou bien de l'asymétrie du rayonnement des différentes parois du laboratoire. En Allemagne, on y a réussi en enfermant entièrement les balances dans une cage de tôle mince.

M. HIRSCH avoue qu'il conçoit difficilement qu'à la distance de 3^m,50 de la balance où se trouve placé l'observateur à Breteuil, une très légère asymétrie de position de celui-ci, qui reste toujours devant la lunette, puisse avoir une influence appréciable sur le fléau de la balance, laquelle du reste se trouve déjà enfermée dans une cage en verre. Quant aux différences de rayonnement des parois, il ne faut pas oublier que la salle des balances possède un revêtement en tôle ondulée qui doit cependant garantir passablement l'uniformité et la constance du rayonnement.

Le système des cages métalliques proposé présente à ses yeux des inconvénients sérieux qui l'emportent sur les avantages possibles.

M. BENOÎT explique que M. Mendeléeff, qui a introduit ce point dans la Commission, tient surtout à pousser jusqu'à l'extrême possible la symétrie sous tous les rapports, et à éviter, autant qu'il se peut, toute variation avec le temps. Or la symétrie dans les opérations a toujours été rigoureusement observée dans les pesées de Breteuil. Quant au système d'isolement employé par M. Mendeléeff à Saint-Pétersbourg, où la balance se trouve seule dans un local

entouré partout de murs et où l'observateur est placé dans un couloir extérieur, il serait impossible de l'introduire à Breteuil, à moins d'y construire un nouvel observatoire. Comme un des inconvénients des cages en tôle, en usage à Berlin, M. Benoît signale le fait que l'observateur ne voit pas ce qui se passe pendant l'opération. Pour garantir davantage encore les fléaux contre toute différence et variation du rayonnement, il suffirait du reste d'entourer la cage en verre, à la hauteur du fléau, d'un écran en tôle. Il va sans dire que toute amélioration de détail possible sera soigneusement étudiée et, le cas échéant, appliquée.

Au sujet de la recommandation faite par la Commission d'en finir sans plus de retard avec la publication des pesées, M. le PRÉSIDENT est d'accord avec tous ses Collègues que l'état actuel ne saurait durer; il s'engage à prendre toutes mesures pour qu'il soit pourvu immédiatement, d'une manière ou d'une autre, à la correction des dernières feuilles du travail de M. Thiesen, dont le retard seul a empêché l'apparition du Volume.

En ce qui concerne l'ancienne résolution d'enfermer dans le vide un des mètres témoins, appuyée de nouveau par la Commission, M. HIRSCH, qui en a été toujours partisan, désire qu'on pourvoie, d'une manière quelconque, au moyen de s'assurer périodiquement du degré obtenu dans la constance de pression. Il ne croit pas au danger qu'on a craint dans la Commission, de voir le Mètre en platine iridié s'amalgamer avec les vapeurs de mercure du manomètre dont on pourrait l'accompagner; ce manomètre ne serait pas sans utilité, car, bien qu'on propose de sceller le tube, l'imperméabilité du verre dans ces conditions ne lui paraît pas absolument démontrée.

M. CHAPPUIS fait remarquer qu'on pourrait parer aux deux inconvénients signalés en entourant le tube scellé d'un tube extérieur qui contiendrait le manomètre.

MM. HIRSCH et DE BODOLA appuient cette solution.

Les trois autres points du rapport n'ayant donné lieu à aucune observation, M. le PRÉSIDENT met aux voix l'ensemble des propositions et résolutions qui, avec les modifications et amendements apportés par la discussion, *est adopté par le Comité, à l'unanimité.*

M. le DIRECTEUR a la parole pour soumettre au Comité la rédaction définitive des Certificats à délivrer pour les mètres étalons à bouts, dont les équations sont déterminées depuis un certain temps. M. Benoît indique les modifications qu'il a été obligé d'apporter à la première rédaction de ces Certificats, par suite des nouvelles études sur la méthode optique et la méthode des contacts pour les comparaisons de ces mètres, ainsi qu'il l'a exposé dans son Rapport présenté au commencement de la session.

Voici la rédaction proposée :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

CERTIFICAT

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

POUR LE

MÈTRE-ÉTALON A BOUTS N°

Attribué au.

Cet étalon fait partie d'un groupe de six étalons à bouts, en alliage de platine iridié, à 10 pour 100 d'iridium, qui ont été construits par MM. Johnson, Matthey et C^{ie}, de Londres, et achevés par les soins de la Section française de la Commission internationale du Mètre.

L'ajustage et le polissage des faces terminales ont été faits au

Conservatoire des Arts et Métiers par M. G. Tresca, Ingénieur, attaché à la Section française.

L'étalon est enfermé dans un étui spécial, constitué par un cylindre de bois plein, dans lequel on a pratiqué une rainure longitudinale pour recevoir la règle, et qui est entouré d'une forte enveloppe cylindrique en laiton, munie d'une fermeture à vis; il est accompagné de deux échantillons, coupés sur ses extrémités et préparés par M. Laurent, à Paris, pour en étudier la dilatation au moyen de la méthode Fizeau.

L'un de ces mètres, qui a été désigné par le sort, après l'achèvement des travaux de détermination sur tout le groupe, appartient au Bureau international des Poids et Mesures, et y est conservé comme type principal des étalons de ce genre. Ce mètre est celui qui porte le n° 5.

DESCRIPTION.

La section transversale de la règle a la forme dite en X, inscrite dans un carré de 20^{mm} de côté, et symétrique par rapport à deux axes rectangulaires.

Les faces terminales, perpendiculaires à l'axe de la règle, sont planes et polies. La longueur de la règle est définie par la distance des milieux de ces faces.

La règle porte, gravés sur sa face supérieure, son numéro et les lettres A et B respectivement près de chaque extrémité.

COMPOSITION CHIMIQUE.

L'alliage a été analysé au Laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure, à Paris, par M. H. Tornøe, qui a rédigé sur ces analyses un rapport détaillé, publié dans le Tome VII des *Travaux et Mémoires* du Bureau international.

Cet alliage contient, pour 100 parties en poids :

Platine.....	89,83
Iridium.....	10,16
Rhodium.....	traces
Fer.....	traces

DÉTERMINATION.

Coefficient de dilatation. — La mesure de la dilatation a été confiée à M. Ch.-Ed. Guillaume, Adjoint au Bureau international.

Cette détermination a été faite en comparant, avant son achèvement,

l'étalon n° à la Règle type II, du même alliage, dans l'auge du comparateur à dilatation, à huit températures différentes comprises entre et . La dilatation de la Règle type II avait été antérieurement mesurée, par la méthode absolue et par la méthode relative, au moyen du comparateur à dilatation, ainsi que par la méthode Fizeau sur ses échantillons.

Ces observations ont conduit au résultat suivant :

Coefficient moyen de dilatation de l'étalon à bouts n° de 0 à t° :

$$\alpha = 10^{-9} (\quad + \quad t),$$

où t désigne la température du thermomètre à mercure en verre dur, ou bien :

$$\alpha = 10^{-9} (\quad + \quad T),$$

où T désigne la température exprimée en degrés de l'échelle normale adoptée pour le Service international des Poids et Mesures (échelle du thermomètre à hydrogène).

Longueur à zéro. — Les mesures de longueur ont été faites d'abord au moyen du comparateur Brunner, dans l'air, par MM. Benoit, Directeur, et Guillaume, Adjoint du Bureau. Les règles, au nombre de 6, ont été comparées entre elles systématiquement, en série fermée, dans toutes les combinaisons possibles.

Pour ces comparaisons, ces règles avaient été munies à chaque extrémité d'un fil d'araignée, tendu horizontalement en face du milieu de la section, et s'appuyant sur deux autres fils verticaux distants de 0^{mm},2. La surface terminale est supposée définie par le milieu de l'intervalle compris entre le fil horizontal et son image réfléchi par cette surface.

Chaque comparaison complète comprenait quatre comparaisons individuelles, dans quatre positions symétriques, parmi celles que les règles comparées peuvent prendre par rapport aux microscopes et aux observateurs, et en alternant successivement les surfaces supérieure et inférieure.

Les résultats combinés de ces comparaisons ont donné les relations de tous ces mètres entre eux, et, en particulier, la valeur de chacun d'eux par rapport au Mètre n° 5, conservé comme type au Bureau international. Pour le Mètre n° , le résultat a été, à zéro :

$$(1) \quad \text{Mètre n}^\circ = \text{Mètre n}^\circ 5 + \dots$$

En même temps, les six mètres à bouts avaient été comparés, par

la même méthode, au Mètre à traits n° 26, qui est le Prototype fondamental du Bureau international, et dont la valeur, par rapport au Prototype international, est exactement connue.

Les équations des six règles à bouts en fonction du Prototype international, qui résultaient de ce premier travail, ont été revisées et légèrement modifiées par de nouvelles études, faites ultérieurement, après avoir contrôlé, par la méthode dite *des contacts*, la méthode *optique* ci-dessus indiquée, appliquée à la comparaison d'une longueur à bouts à une longueur à traits, et perfectionné les conditions expérimentales des comparaisons. Le résultat final de ces études, en ce qui concerne le Mètre n° 5 du Bureau international, a été, à zéro :

$$(2) \quad \text{Mètre n° 5} = 1^m + \dots,$$

d'où, en combinant cette relation avec la relation (1), on a, à zéro :

$$\text{Mètre n°} = 1^m + \dots$$

L'équation de l'étalon n° est donc

$$\text{Étalon à bouts n°} = 1^m + \dots + \dots T + \dots T^2,$$

où T désigne la température exprimée en degrés de l'échelle normale adoptée par le Service international des Poids et Mesures.

Bureau international des Poids et Mesures,
Pavillon de Breteuil,

Sèvres, le 189 .

Le Directeur du Bureau,

Signé :

Certifié conforme

pour le Comité international des Poids et Mesures :

Le Secrétaire,

Le Président,

Signé :

Signé :

Le Comité approuve ce texte et charge M. le Directeur de tenir ces Certificats à la disposition des intéressés.

M. le PRÉSIDENT rappelle au Comité qu'il doit encore se prononcer sur le programme des travaux à exécuter par le Bureau international, dans la période bisannuelle de 1897 et 1898. Ce programme est, sur un certain nombre de

points, la continuation de celui tracé pour la période précédente, auxquels viennent s'ajouter les travaux décidés par le Comité dans le cours de cette session.

Voici comment M. le Président croit devoir résumer ce programme des travaux pour la période qui s'ouvre :

1° Achèvement des travaux pour la détermination de la masse du décimètre cube d'eau ;

2° Construction et étalonnage des étalons du millimètre, du centimètre, et du décimètre, en nickel-acier ;

3° Continuation des études sur les alliages les plus appropriés pour les étalons métrologiques et les règles géodésiques ;

4° Construction et étude d'une règle normale divisée, en nickel-acier, destinée au service du Bureau international, et d'une règle géodésique de 4^m, du même alliage ;

5° Étude de la machine à diviser acquise par le Bureau ;

6° Mesures préparatoires pour les comparaisons périodiques des kilogrammes.

A ce propos, M. le DIRECTEUR rappelle le dernier point mentionné dans son rapport, savoir : la reprise des études sur les thermomètres à résistance, avec la coopération éventuelle de M. Harker, offerte par M. Chree.

En approuvant cette adjonction, le *Comité adopte le programme* formulé par M. le Président.

M. le PRÉSIDENT passe ensuite à la question de la Caisse de retraite, qui a été renvoyée au préavis de la Commission des Comptes et des Finances. Celle-ci s'en est occupée dans ses trois séances et en particulier dans la dernière, sans avoir eu à présenter un rapport spécial, parce qu'on n'a pas abouti à un projet définitif. Ce retard est sans doute regrettable ; car la dernière Conférence générale a déjà été nanti de la question, et, dans le dernier Rapport spécial financier, on a déjà soumis aux Gouvernements une esquisse d'un projet, en les priant de bien vouloir se prononcer sur le principe de cette fondation ; mais, d'autre

part, ce retard prouve que le Comité se rend parfaitement compte de la nécessité de mûrir complètement un projet qui engagera pour un long avenir une partie de ses ressources. Or, au sein de la Commission, les opinions se sont rapprochées, sans cependant aboutir à un accord complet. La Commission propose donc de charger MM. Foerster, Hirsch et Benoît d'élaborer un projet définitif, qui sera soumis prochainement au Comité pour un vote par correspondance.

M. HIRSCH, qui a assisté aux séances de la Commission, ajoute aux explications de M. le Président que le rapprochement signalé par lui entre les deux principes en présence, de l'entreprise de la fondation par le Comité ou de l'assurance du personnel à une Compagnie solide, a été obtenu par la diminution du taux des pensions et en outre par l'augmentation des versements à opérer par les intéressés, ce qui aurait pour conséquence de diminuer notablement les risques pour les finances de l'Institution internationale. M. Hirsch a donc vu s'atténuer sensiblement ses doutes et ses craintes qui l'avaient engagé à s'opposer à l'entreprise, par le Comité lui-même, d'une caisse de retraite le chargeant de tous les risques que courent nécessairement les institutions basées sur les combinaisons de probabilité, surtout lorsqu'il s'agit d'un nombre aussi restreint de personnes. Toutefois, il n'a pas cru pouvoir encore donner son adhésion définitive au projet de M. Foerster, ainsi amendé dans la Commission, attendu qu'il manque encore des données numériques et des calculs détaillés permettant d'établir en tableaux de chiffres les charges non seulement probables, mais possibles, qui incomberont dans le cours des années au budget international. Il espère avec M. le Président que la sous-commission proposée parviendra à les établir prochainement.

Le renvoi de la question à l'étude de MM. Foerster, Hirsch et Benoît, et le vote par correspondance sur le projet qu'ils élaboreront, *sont adoptés à l'unanimité.*

L'ordre du jour de la session étant épuisé, M. le Président invite encore les Membres du Comité à voir fonctionner après la séance la belle machine à diviser, et à inspecter les appareils qui servent aux pesées hydrostatiques. Il se fait l'interprète du Comité tout entier en remerciant et en félicitant M. le Directeur et MM. les Adjointes, des excellents et remarquables travaux qu'ils ont ajoutés à tant d'autres. La haute précision de toutes les observations, l'esprit scientifique qui préside aux expériences ainsi qu'aux calculs du Bureau international, sont du reste généralement reconnus dans tout le monde scientifique. Le Comité a été heureux de voir un témoignage de cette haute appréciation dans le fait que l'Académie des Sciences de Paris vient de décerner le prix Jérôme Ponti aux trois fonctionnaires scientifiques du Bureau international des Poids et Mesures.

M. le DIRECTEUR remercie, en son nom et en celui de ses collaborateurs, M. le Président des paroles si flatteuses qu'il vient de prononcer, et qui sont un nouvel encouragement ajouté à la satisfaction de concourir à une grande œuvre scientifique.

M. le PRÉSIDENT remercie ses Collègues de l'amabilité avec laquelle ils lui ont cette fois encore facilité sa tâche; il déclare close la session du Comité international des Poids et Mesures, pour l'année 1897.

La séance est levée à 5^h 30^m.

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

Le Secrétaire,

Le Président,

Signé : D^r AD. HIRSCH.

Signé : D^r W. FOERSTER.

ANNEXE.

EXAMEN

DES

RAPPORTS ENTRE LES MESURES FONDAMENTALES

DE RUSSIE, DE FRANCE ET DE GRANDE-BRETAGNE,

BASÉ

SUR LES DONNÉES AU COMMENCEMENT DE 1897 (1).

CHAMBRE CENTRALE DES POIDS ET MESURES DE L'EMPIRE DE RUSSIE.

1. Unités de poids et de masse.

TABLE I.

Les recherches exécutées en 1894 et répétées de nouveau en 1896 et en 1897, à la Chambre centrale des Poids et Mesures, ont démontré que le prototype en platine d'une livre (fonte) de la Commission de 1835 pèse $409^g,51236 \pm 0^g,00001$, et que le nouveau prototype d'une livre russe en platine iridié, avec le chiffre de

(1) Le Travail intéressant de notre Collègue, que nous publions sous forme d'Annexe aux *Procès-Verbaux*, avait été communiqué en substance au Comité international dans sa dernière session. Après l'avoir revu et complété, M. Mendéléeff l'a envoyé au Secrétaire. Sauf quelques modifications de pure forme, le bureau du Comité publie la Note de M. Mendéléeff telle quelle, sous la responsabilité de son savant auteur.

Le Secrétaire.

Sa Majesté l'Empereur Nicolas II, 1894, pèse $409^s, 512404$, avec une exactitude de $\pm 0^s, 000005$. Par conséquent on a admis, pour la base des calculs :

$$1 \text{ livre russe (founte)} = 409^s, 51240.$$

Les recherches auxquelles on peut accorder la plus grande confiance (et officiellement admises) ont été exécutées en 1885 à Londres (Standards Department) et à Paris (Bureau International, à Breteuil). Elles ont démontré que la livre anglaise (lb) Avoirdupois, exprimée en unités du système métrique international, pèse $453^s, 5924277$. L'exactitude de cette détermination étant de $\pm 0^s, 00004$ seulement, on a admis par conséquent, pour la base des calculs :

$$1 \text{ livre anglaise (lb)} = 453^s, 59243.$$

Dans ces deux rapports, l'erreur des déterminations est d'environ $\pm 0,00000001$ de la valeur du poids; c'est pourquoi dans le Tableau I on n'a donné que huit chiffres, parce qu'il est impossible de garantir l'exactitude des chiffres suivants.

2. Mesures de longueur.

TABLE II.

D'après la loi de Pierre-le-Grand, les mesures de longueur russes se trouvent en rapport simple et précis avec les mesures anglaises, c'est-à-dire qu'on a admis :

$$1 \text{ sagène} = 7 \text{ pieds anglais ou russes} = 3 \text{ archinnes.}$$

Les mesures anglaises (1 yard = 3 pieds) ont été comparées plusieurs fois avec le mètre (Kater, Clarke, Tittmann, Rogers, etc.), mais les comparaisons les plus précises ont été effectuées au Bureau International en 1895 par M. Benoit sur deux copies du yard qui avaient été déjà étudiées à Londres par MM. Chaney, Blumbach, etc. Le yard étant défini à la température de 62° F. , la Conférence internationale a admis que cette température correspond à $16^\circ, 667$ de l'échelle centigrade du thermomètre à hydrogène. Dans cette supposition on a obtenu, pour la valeur du yard, $0^m, 9143992$.

Comme dans les déterminations (principalement à cause de la largeur considérable des traits qui déterminent la longueur du yard)

on trouve des différences de $\pm 0^m, 0000010$ et des valeurs du yard dépassant $0^m, 91440000$, on ne peut pas fixer le rapport du Yard au Mètre plus exactement qu'à quelques millièmes; ainsi, pour le calcul des Tables II et III, on a pris pour base que

$$1 \text{ yard} = 0^m, 914400,$$

et dans tous les rapports l'on n'a donné que six chiffres, parce que le septième chiffre et les suivants sont douteux et n'ont même actuellement pas d'application dans la pratique géodésique.

3. Mesures de surface et de volume.

TABLE III.

Les mesures de surface (carrées) et de volume (cubiques) se déterminent directement par les mesures de longueur, et le degré de l'exactitude de leurs rapports est évidemment moindre que pour les mesures de longueur. Pour cette raison on n'a donné que six chiffres, et dans le dernier chiffre on peut déjà s'attendre à une erreur.

4. Mesures de capacité pour les liquides et les céréales.

TABLE IV.

La détermination des volumes des matières liquides et solides (céréales) et de la capacité des vases destinés à leur mesure s'opère le plus exactement par la pesée de l'eau parfaitement pure, remplissant le volume à une température déterminée. C'est par ce procédé que depuis longtemps les mesures de volume sont déterminées en Russie et en Angleterre. On a admis en Russie que le védro est égal au volume de 30 fountes (livres) d'eau parfaitement pure à $13^{\circ} \frac{1}{3}$ R. (la pesée étant faite dans le vide), et le garnetz, ou $\frac{1}{8}$ tchetvérik, ou $\frac{1}{64}$ tchetverte pour les substances sèches, égal au volume de 8 fountes de la même eau. En Grande-Bretagne, on a admis que le gallon ⁽¹⁾ pour les liquides = 4 quarts = 8 pints

(¹) C'est le nouveau Imperial gallon (depuis 1824); auparavant, on avait employé en Grande-Bretagne le Winchester gallon, qui est encore en usage aux États-Unis, et dont la capacité est moindre que la capacité de

= 32 gills ou $\frac{1}{8}$ bushel pour les corps secs (1 bushel = 4 pecks = $\frac{1}{8}$ quarter), est égal au volume de 10 livres anglaises d'eau pure, comparée dans l'air avec des poids en bronze, l'eau et l'air étant à la température de 62° F., et le baromètre à 30 pouces. On sait que, d'après le système métrique, on se proposa d'abord d'exprimer le poids d'un kilogramme par la masse d'eau (pesée dans le vide), remplissant à son maximum de densité le volume d'un décimètre cube, et par cela d'exclure la conception indépendante de la mesure des volumes; par cette raison, un litre était admis égal à $\frac{1}{1000}$ d'un mètre cube ou 1 décimètre cube, et était appliqué pour la mesure du volume des liquides, tandis que 1 hectolitre ou 100 litres était appliqué à la mesure des matières sèches.

Les recherches publiées ultérieurement par M. Kupffer (1841) en Russie et par M. Chaney (1892) en Angleterre ont démontré avec un accord parfait [MENDELÉEFF, *Annales (Vremennik) de la Chambre Centrale des Poids et Mesures*, II^e Partie, p. 3; 1895, et *Proceedings of Royal Society of London*, p. 155; 1896] que le poids véritable (dans le vide) d'un décimètre cube d'eau parfaitement pure, à son maximum de densité, est évidemment inférieur à 1000^g, ou plus précisément qu'il est compris entre 999^g,85 et 999^g,82 (1) de sorte

l'Imperial gallon et est considérée comme égale à 0,83292 Imperial gallon (*Our Weights and Measures*, by H.-J. Chaney, London, 1897, p. 35). Pour les matières sèches (la mesure des blés), on emploie aux États-Unis le bushel égal 0,96944 Imp. bushel, tandis que dans 31 États (sur 38 États) on a admis de compter à l'avenir un bushel égal 60 livres anglaises; cela supprime toute valeur de la mesure de volume pour le mesurage de quantités de blé, et il paraît qu'une tendance semblable existe partout, y compris en Russie.

(1) Le résultat des MM. Kupffer et Chaney se rapporte, en effet, au poids (dans le vide) d'un pouce cube d'eau à 62° F. = 13° $\frac{1}{3}$ R. du thermomètre à mercure (mais pas du thermomètre à hydrogène, comme on a admis à présent) et donne en moyenne 16^g,366349. En comptant, suivant les meilleures déterminations de la densité, qu'à cette température le poids spécifique de l'eau égale 0,998890 du poids au maximum de densité, on obtient pour un pouce cube d'eau à son maximum de densité le poids égal à 16^g,384536. Mais le volume d'un pouce cube égale 0,0163871 décimètre cube; par conséquent, un décimètre cube contient 999^g,844 d'eau à son maximum de densité. Dans ce nombre, il faut compter une erreur possible, soit, au moins, $\pm 0^g,020$, un peu plus grande dans le sens du poids diminué, parce que pendant les pesées des corps plongés dans l'eau par MM. Kupffer et Chaney il restait probablement une petite quantité de bulles d'air.

que l'on doit définir un litre, ou comme un décimètre cube, ou comme le volume de 1000^s d'eau à son maximum de densité.

La Conférence internationale du Mètre a choisi la dernière méthode de détermination, de sorte qu'à présent on a adopté le litre égal au volume de 1000^s d'eau à son maximum de densité, pesée dans le vide (1).

Si l'on admet pour le litre comme pour le vèdro et le gallon que l'eau, qui les remplit, se trouve sous la pression de l'air ambiant (un litre = 1000,16 ± 0,00002 dm³), on ne peut néanmoins estimer que l'erreur de la valeur d'un tel volume soit inférieure à ± 0,00001 de sa valeur pour la raison même que la pression barométrique change de 790 jusqu'à 630^{mm} dans les lieux habités et qu'une pareille variation de pression (= $\frac{1}{5}$ atmosphère) change le poids du volume donné d'eau de ± 0,00001 de sa valeur. Par conséquent, dans le calcul des rapports des volumes, il ne faut pas donner plus de cinq chiffres et l'on peut admettre (2)

$$1 \text{ mètre cube} = 999,84 \pm 0,02 \text{ litres.}$$

$$1 \text{ litre} = 1000,16 \pm 0,02 \text{ cm}^3.$$

On est amené à la même conclusion du degré d'exactitude dans

(1) Malheureusement, dans les définitions anciennes, on n'a pas spécifié sous quelle pression il faut mesurer le volume de l'eau. La compressibilité de celle-ci étant égale à $(50 - 0,12t) 10^{-6}$ pour une atmosphère, si l'on admet, comme d'habitude, que l'eau est sous la pression d'une atmosphère, un décimètre cube contiendra $999^s,84 \pm 0^s,02$ d'eau à son maximum de densité; mais, si l'on admet que l'eau est placée, en réalité, dans le vide (toutefois, il faut remarquer que l'eau dans le vide se trouve non sous la pression zéro, mais sous la pression égale à la tension de sa vapeur), le décimètre cube ne contiendra que $999^s,79 \pm 0^s,02$ d'eau à son maximum de densité. Donc, selon la première définition, généralement employée dans les travaux modernes, 1 litre, correspondant au volume de 1000^s d'eau à son maximum de densité, représente un volume de 1000,16 ± 0,02 centimètres cubes, tandis que dans la deuxième définition il représenterait : 1000,21 ± 0,2 centimètres cubes. Si l'on admettait les deux définitions précédentes comme également justifiées, le litre proprement dit ne serait défini que jusqu'à ± 0,00005 de sa valeur.

(2) Mais ce résultat demande de nouvelles confirmations, que doivent donner les recherches organisées au Bureau International et à la Chambre Centrale des Poids et Mesures.

la détermination des volumes (jusqu'aux cent-millièmes) par la circonstance que, dans les divers pays, le poids d'eau correspondant au volume est déterminé à différentes températures (tantôt à $62^{\circ}\text{F.} = 13^{\circ}\frac{1}{3}\text{R.} = 16^{\circ}\frac{2}{3}\text{C.}$, tantôt à 4°C.), comptant le poids, soit dans le vide (védro, litre), soit dans l'air (gallon), et que la réduction aux mêmes conditions normales offre des erreurs, qui existent à la fois dans les données sur l'expansion d'eau et dans la connaissance du poids d'un litre ou d'un autre volume d'air. En outre, la température $62^{\circ}\text{F.} = 13^{\circ}\frac{1}{3}\text{R.} = 16^{\circ}\frac{2}{3}\text{C.}$ était déterminée avant la décision du Comité International (1887) par les thermomètres à mercure, qui donnent des différences atteignant $0^{\circ}, 15$; or, cette quantité correspond à une variation de $0,00003$ du volume d'eau. Pour éviter cette erreur il est plus simple de compter toutes les températures données dans l'échelle du thermomètre à hydrogène. Et nous avons pris ce procédé pour tous les calculs suivants, vu que la Conférence Internationale de 1895, dans la comparaison du Mètre avec le Yard, a admis $62^{\circ}\text{F.} = 16^{\circ}\frac{2}{3}\text{C.}$ d'après l'échelle centigrade (Celsius) internationale du thermomètre à hydrogène.

Pour trouver sous cette condition le rapport entre les volumes du védro, du gallon et du litre, il faut connaître la dilatation de l'eau. Les résultats de tous les expérimentateurs les plus nouveaux sur cette question (comme il est indiqué dans *Vremennik Ch. C.*, III^e Partie, p. 133; 1897) sont pareils jusqu'aux millièmes parties et peuvent être représentés (si T est exprimé dans l'échelle du thermomètre à hydrogène) par la formule suivante, déduite par moi de nouvelles déterminations (1897) données de MM. Thiesen, Scheel et Diesselhorst :

$$S_t = 1 - \frac{(T - 4)^2}{118932 + 1366,75T - 4,13T^2} \pm 0,000001.$$

Cette formule donne, pour $T = 16^{\circ}, 667$, $S_t = 0,998859$ (1). Par conséquent, le védro russe contiendra de l'eau à son maximum de densité (poids de l'eau déterminé dans le vide)

$$\frac{30}{0,998859} 409,51240 \quad \text{ou} \quad 12299^{\text{g}}, 41 \text{ de l'eau à } 4^{\circ}.$$

(1) Si nous comptons t d'après le thermomètre à mercure, $S = 0,998890$ (voyez ci-dessus); la différence = $0,000031$, qui correspond à $0^{\circ}, 15$.

Par suite,

$$\begin{aligned} 1 \text{ védro} &= 12^1,2994 = 12301 \text{ cm}^3,4 = 750,676 \text{ pouces cubes,} \\ 1 \text{ tchetvérik} &= 26^1,2387 = 26242 \text{ cm}^3,9 = 1601,44 \quad \text{»} \quad \text{»} \end{aligned}$$

Pour trouver la capacité du gallon, il faut, avant tout, réduire au vide le poids de l'eau contenue dans le gallon. Comme (*Vremennik*, 1894, P. I, p. 86) le poids de 1 litre d'air pur (privé de H²O et CO²) à 0° et 760^{mm} $l_0 = 0^{\text{g}},131844 \pm 0^{\text{g}},00010$ et comme pour Londres $g = 9^{\text{m}},8126$, alors $l_0 = 1^{\text{g}},2937$. En admettant (comme M. Dobrokhoff a trouvé à la Chambre Centrale, *Vremennik*, P. III, p. 92) dans un volume d'air 0,042 pour 100 CO² (densité de CO² par rapport à l'air = 1,52), $l_0 = 1^{\text{g}},29398$. Aux conditions données pour la définition du gallon, c'est-à-dire à 16°, 667 C. (= 62° F.), à l'humidité relative = $\frac{2}{3}$ ($h = 9^{\text{mm}},4$) et sous la pression barométrique de 30 pouces (H = 762^{mm}, 0), le poids de 1 litre d'air (*Vremennik*, P. II, p. 10),

$$l = 1^{\text{g}},2170.$$

La densité des poids en bronze est admise en Angleterre (CHANEY, *Our Weights and Measures*, 1897, p. 88) égale à 8,143, et, par conséquent, le volume de 10 livres anglaises en bronze

$$= \frac{4,53592}{8,143} = 0^1,557;$$

et comme le volume du gallon d'eau pesée (10 lbs) = 4¹,546, le volume d'air déplacé = 3¹,989, dont le poids d'air = 3,989. $l = 4^{\text{g}},8546$. Comme 10 lbs = 4535^g,9243, le poids véritable (dans le vide) de l'eau (à 16° $\frac{2}{3}$) remplissant un gallon = 4540^g,7789. Le poids d'un gallon d'eau à son maximum de densité sera 4545^g,961, et par conséquent

$$1 \text{ gallon} = 4^1,54596 = 4546 \text{ cm}^3,69 = 277,456 \text{ pouces cubes } (1).$$

(1) D'après les déterminations exécutées en 1826 (CHANEY, *Our Weights and Measures*, 1897, p. 11), le gallon contient 277,274 pouces cubes. D'après la détermination de M. Kupffer, le védro contient 750,57 pouces cubes et le tchetvérik 1601,22 pouces cubes. Ces dernières définitions ont été insérées même dans la loi du 11 octobre 1835; ainsi le védro et le tchetvérik sont définis absolument et, en même temps, par le poids d'eau contenue (c'est sur cette base qu'on a obtenu le résultat donné ci-dessus), et par le nombre

La Table IV est composée sur les bases des relations indiquées.

En général, pour la composition des Tables présentées, on a accepté comme règle de donner seulement le nombre de chiffres que l'on peut bien garantir, suivant la précision actuelle des mesures. Pourtant, quoique le dernier chiffre des nombres insérés dans les Tables soit donné sur des bases précises, on pourrait cependant, après de nouvelles mesures métrologiques plus précises, être obligé, dans certains cas, de changer le dernier chiffre de ± 1 , mais il n'est pas probable que le changement soit plus grand. Évidemment, dans la pratique ordinaire, toutes les mesures ne peuvent garantir qu'une précision comparativement plus petite. Les calculs ont été faits par moi (et révisés par MM. Zawadsky, Blumbach, Sapogenikoff et Dobrokhotoff) et, après la vérification définitive, seront complétés et publiés d'après le septième article de la loi sur la Chambre Centrale des Poids et Mesures (article 664, Code des Lois, t. XI, Partie II, édit. 1893), quand la loi nouvelle sur les Poids et Mesures sera fixée.

Remarque. — Les rapports qui sont définis par le système, adopté par les lois, dans les Tables suivantes sont marqués par un astérisque (*) et sont exprimés par les nombres entiers ou par les fractions simples ; mais, pour faciliter les calculs, toutes les relations sont données dans le système décimal.

de pouces cubes. Cette double définition des mêmes grandeurs ne peut évidemment pas être conservée. La définition d'un volume, par le poids d'eau contenue, étant la plus exacte, doit être maintenue.

$\frac{11}{23}$ mars 1897.

D. MENDELÉEFF.

TABLES.

MESURES.	RUSSIE.
	(Poudes, fountes, zolotniks, dolis).
1 poude russe.....	= 40 fountes
1 founte (livre) russe.....	= $\left\{ \begin{array}{l} 1/40 = 0,025 \text{ poude} \\ 96 \text{ zolotniks} \\ 9216 \text{ dolis} \end{array} \right.$
1 loth russe.....	= 3 zolotniks
1 zolotnik russe.....	= 96 dolis
1 doli russe.....	= $1/9216 \text{ founte} = 0,00010850694 \text{ founte}$
1 founte (livre) médicinale russe (12 onces)...	= $7/8 \text{ founte} = 0,875 \text{ founte} = 84 \text{ zolotniks}$
1 once » (8 drachmes).	= 7 zolotn. = 672 dolis
1 drachme médicinale russe (3 scrupules, 20 grains).....	= $7/768 \text{ founte} = 0,875 \text{ zolotn.} = 84 \text{ dolis}$
1 grain médicinal russe.....	= 1,4 doli
1 tonne métrique.....	= 61,048212 poudes
1 quintal métrique.....	= 244,19285 fountes
1 kilogramme international.....	= $\left\{ \begin{array}{l} 0,061048212 \text{ poude} \\ 2,4419285 \text{ fountes} \\ 234,42514 \text{ zolotniks} \\ 22504,813 \text{ dolis} \end{array} \right.$
1 gramme.....	= $\left\{ \begin{array}{l} 0,23442514 \text{ zolotnik} \\ 16,074866 \text{ grains médicin.} \end{array} \right.$
1 milligramme.....	= 0,022504813 doli
1 ton.....	= 62,027856 poudes
1 hundredweight.....	= 124,05571 fountes
1 pound avoirdupois.....	= $\left\{ \begin{array}{l} 0,027691007 \text{ poude} \\ 1,1076403 \text{ founte} \\ 106,33347 \text{ zolotniks} \\ 10208,013 \text{ dolis} \end{array} \right.$
1 ounce troy.....	= 7,2914377 zolotniks
1 grain.....	= 1,4582875 doli

UNITÉS MÉTRIQUES.

(Tonne, kg., g., mg.).

=	16,380 496 kg.
=	$\left\{ \begin{array}{l} 0,000 409 512 40 \text{ tonne} \\ 0,409 512 40 \text{ kg.} \\ 409,512 40 \text{ g.} \\ 409 512,40 \text{ mg.} \end{array} \right.$
=	12,797 262 5 g.
=	4,265 754 2 g.
=	44,434 939 mg.
=	358,323 35 g.
=	29,860 279 g.
=	3,732 534 9 g.
=	62,208 915 mg.
=	1000 kg. (*)
=	100 kg. (*)
=	$\left\{ \begin{array}{l} 0,001 \text{ tonne (*)} \\ 1000 \text{ g. (*)} \\ 1000 000 \text{ mg. (*)} \end{array} \right.$
=	0,001 kg. = 1000 mg. (*)
=	0,000 001 kg. = 0,001 g. (*)
=	1,016 047 0 tonne
=	50,802 352 kg.
=	$\left\{ \begin{array}{l} 0,000 453 592 43 \text{ tonne} \\ 0,453 592 43 \text{ kg.} \\ 453,592 43 \text{ g.} \\ 453 592,43 \text{ mg.} \end{array} \right.$
=	31,103 481 g.
=	64,798 919 mg.

GRANDE-BRETAGNE ET ÉTATS-UNIS.

(Ton., lb=pound avoirdupois, ounce troy, grain).

=	36,112 807 lbs.
=	$\left\{ \begin{array}{l} 0,000 403 044 72 \text{ ton.} \\ 0,902 820 18 \text{ lb.} \\ 13,166 128 \text{ ounces troy} \\ 6319,741 3 \text{ grains} \end{array} \right.$
=	197,491 91 grains
=	65,830 638 grains
=	0,685 735 81 grain
=	11,520 362 ounces troy
=	0,960 030 14 ounce troy
=	57,601 808 grains
=	0,960 030 14 grain
=	0,984 206 40 ton.
=	220,462 23 lbs.
=	$\left\{ \begin{array}{l} 0,000 984 206 40 \text{ ton.} \\ 2,204 622 33 \text{ lbs.} \\ 32,150 742 \text{ ounces troy} \\ 15432,356 \text{ grains} \end{array} \right.$
=	15,432 356 grains
=	0,015 432 356 grain
=	2240 lbs. (*)
=	112 lbs. (*)
=	$\left\{ \begin{array}{l} 1/2240 = 0,000 446 428 57 \text{ t. (*)} \\ 1/112 = 0,008 928 571 4 \text{ h. w. (*)} \\ 175/12 = 14,583 333 \text{ ounce. tr. (*)} \\ 7000 \text{ grains (*)} \\ 480 \text{ grains (*)} \\ 1/7000 = 0,000 142 857 14 \text{ lb. (*)} \end{array} \right.$

MESURES.	RUSSIE.
	(Verstes, archinnes, verchoks, liniïas).
1 verste = 500 sagènes.....	= 1 500 archinnes
1 sagène = 3 archinnes.....	= 48 verchoks = 840 liniïas
1 archinne.....	= $\left\{ \begin{array}{l} 1/1500 = 0,000666667 \text{ verste} \\ 1/3 = 0,333333 \text{ sagène} \\ 16 \text{ verchoks} \\ 280 \text{ liniïas} \end{array} \right.$
1 verchok.....	= 17,5 liniïas
1 liniïa.....	= 0,1 duime (pouce) = 10 totchkas
1 kilomètre.....	= 0,937383 verste
1 mètre.....	= $\left\{ \begin{array}{l} 0,000937383 \text{ verste} \\ 1,40607 \text{ archinne} \\ 22,4972 \text{ verchoks} \\ 393,701 \text{ liniïas} \end{array} \right.$
1 centimètre.....	= 0,393701 duime (pouce)
1 millimètre.....	= 0,393701 liniïa
1 μ (micron).....	= 0,00393701 totchka
1 mile.....	= $264/175 = 1,50857 \text{ verste}$
1 chain.....	= $66/7 = 9,42857 \text{ sagènes}$
1 yard.....	= $\left\{ \begin{array}{l} 3/3500 = 0,000857143 \text{ verste} \\ 9/7 = 1,28571 \text{ archinne} \\ 144/7 = 20,5714 \text{ verchoks} \\ 360 \text{ liniïas} \end{array} \right.$
1 foot (anglais et russe).....	= $48/7 = 6,85714 \text{ verchoks}$
1 inch » ».....	= 10 liniïas
1 mille géographique ($\frac{1}{15}$ de degré de l'arc d'équateur).....	= 6,9569 verstes (1)
1 mille marin ($\frac{1}{60}$ de degré de l'arc de méridien).....	= 1,7362 verste (1)

(1) En se basant sur les valeurs des dimensions déduites par M. Faye, c'est-à-dire ou = 37503 verstes. Les valeurs obtenues par les autres astronomes et géodésiens diffèrent

UNITÉS MÉTRIQUES.

(Kilomètre, mètre, mm., μ).

= 1,06680 kilomètre
 = 2,13360 mètres
 = $\left\{ \begin{array}{l} 0,000711200 \text{ kilomètre} \\ 0,711200 \text{ mètre} \\ 711,200 \text{ mm.} \\ 711200 \mu. \end{array} \right.$
 = 44,4500 mm.
 = 2540,00 μ .

= 1000 mètres (*)
 = $\left\{ \begin{array}{l} 0,001 \text{ kilomètre (*)} \\ 100 \text{ cm. (*)} \\ 1000 \text{ mm. (*)} \\ 1000000 \mu. \end{array} \right.$
 = 0,01 mètre (*)
 = 0,001 mètre (*)
 = 0,000001 mètre

= 1,60934 kilomètre
 = 20,1168 mètres
 = $\left\{ \begin{array}{l} 0,000914400 \text{ kilomètre} \\ 0,914400 \text{ mètre} \\ 91,4400 \text{ cm.} \\ 914,400 \text{ mm.} \end{array} \right.$
 = 304,800 »
 = 25,4000 »

= 7421,7 mètres

= 1852,2 mètres

GRANDE-BRETAGNE ET ÉTATS-UNIS.

(Mile, yard, foot, inch).

= $175/264 = 0,662879$ mile (*)
 = $7/3 = 2,33333$ yards (*)
 = $\left\{ \begin{array}{l} 7/15840 = 0,000441919 \text{ mile (*)} \\ 7/9 = 0,777778 \text{ yard (*)} \\ 7/3 = 2,33333 \text{ feet (*)} \\ 28 \text{ inches (*)} \end{array} \right.$
 = $7/4 = 1,75$ inch (*)
 = 0,1 inch (*)

= 0,621371 mile.
 = $\left\{ \begin{array}{l} 0,000621371 \text{ mile} \\ 1,09361 \text{ yard} \\ 3,28084 \text{ feet} \\ 39,3701 \text{ inches} \end{array} \right.$
 = 0,393701 inch
 = 0,0393701 inch
 = 0,0000393701 inch

= 1760 yards = 8 furlongs (*)
 = 22 yards = 100 links (*)
 = $\left\{ \begin{array}{l} 1/1760 = 0,000568182 \text{ mile (*)} \\ 3 \text{ feet} = 1/2 = 0,5 \text{ fathom (*)} \\ 1/22 = 0,0454545 \text{ chain (*)} \\ 36 \text{ inches (*)} \\ 12 \text{ inches (*)} \\ 1/12 = 0,0833333 \text{ foot (*)} \end{array} \right.$

= 4,6116 miles

= 1,1509 mile

tant la circonférence équatoriale = 40 077 km. et la longueur du méridien = 40 008 km. ces valeurs, mais la différence est inférieure à $\frac{1}{10\,000}$ de la longueur totale.

MESURES.	RUSSIE.
1 verste carrée	= 625/6 = 104,167 déciatinas
1 déciatina.....	= 2400 (= 60 × 40) sagènes carrées
1 sagène carrée.....	= 9 archinnes carrés
1 kilomètre carré (km ²).....	= 0,878687 verste carrée
1 hectare	= 2196,72 sagènes carrées
1 mètre carré ($\frac{1}{100}$ are) m ²	= 1,97704 archinne carré
1 square mile.....	= 69696/30625 = 2,27579 verstes carrées
1 acre.....	= 363/980 = 0,370408 déciatina
1 square yard.....	= 9 foutes (pieds) carrés
1 square foot (anglais et russe).....	= 2304/49 = 47,0204 verchoks carrés
1 mille géographique carré	= 48,399 verstes carrées
1 sagène cube.....	= 27 archinnes cubes
1 archinne cube.....	= 21952 duimes (pouces) cubes
1 verchok cube.....	= 343/64 = 5,35838 duimes cubes
1 mètre cube (stère) : m ³	= 0,102958 sagène cube
1 décimètre cube : dm ³	= 0,00277987 archinne cube
1 centimètre cube : cm ³	= 0,0113864 verchok cube
1 cubic yard.....	= 27 foutes (pieds) cubes
1 cubic foot (anglais et russe).....	= 1728 duimes (pouces) cubes
1 cubic inch.....	= 1000 liniäs cubes

UNITÉS MÉTRIQUES.

= 1,138 06 km²
= 1,092 54 hectare
= 4,552 25 m²

= 100 hectares (*)
= 10 000 m² (*)
= 10 000 cm² (*)

= 2,589 99 km²
= 0,404 686 hectare
= 0,836 127 m²
= 0,092 903 0 m²

= 55,081 km²

= 9,712 68 m³
= 359,729 dm³
= 87,824 4 cm³

= 1000 dm³ (*)
= 1000 cm³ (*)
= 1000 mm³ (*)

= 0,764 555 m³
= 28,316 8 dm³
= 16,387 1 cm³

GRANDE-BRETAGNE ET ÉTATS-UNIS.

= 30 625/69 696 = 0,439 408 square mile
= 980/362 = 2,699 72 acres
= 49. square feet

= 0,386 102 square mile
= 2,471 05 acres
= 10,763 9 square feet

= 640 acres
= 4840 square yards
= 1 296 square inches
= 144 square inches

= 21,267 square miles

= 343/27 = 12,703 7 cubic yards
= 343/27 = 12,703 7 cubic feet
= 343/64 = 5,359 38 cubic inches

= 1,307 95 cubic yard
= 0,035 314 7 cubic foot
= 0,061 023 7 cubic inch

= 46 656 cubic inches
= 1 728 cubic inches
= 0,005 78 704 cubic foot

MESURES.	RUSSIE.
Védro.....	= 10 schtoffs = 100 tcharkas
Boutylka (bouteille de vin).....	= $1/16 = 0,0625$ védro.
Boutylka (bouteille).....	= $1/20 = 0,05$ védro
Tchetverte.....	= 8 tchetvériks
Tchetvérik.....	= 8 garnetz
Garnetz.....	= $1/64 = 0,015625$ tchetverte
Sagène cube.....	= { $789,56$ védros $46,263$ tchetvertes
Hectolitre.....	= { $8,1305$ védros $3,8112$ tchetvériks
Litre.....	= { $0,81305$ schtoff $1,3009$ boutylka de vin
Mètre cube.....	= { $81,292$ védros $38,106$ tchetvériks
Gallon.....	= { $0,36961$ védro $1,3860$ garnetz
Bushel.....	= { $1,3860$ tchetvérik $11,088$ garnetz
Cubic foot.....	= { $2,3019$ védros $8,6322$ garnetz = $1,0790$ tchetv

Le 11 mars 1897.

UNITÉS MÉTRIQUES.	GRANDE-BRETAGNE ET ÉTATS-UNIS.
= 12,299 litres	= 2,7056 gallons
= 0,76871 litre	= 1,3528 pint
= 0,61497 litre	= 1,0822 »
= 2,0991 hectolitres	= 5,7719 bushels
= 26,239 litres	= 0,72148 »
= 3,2798 litres	= 0,36074 peck
= 97,111 hectolitres	= { 2126,2 gallons
	= { 267,03 bushels
= 100 litres (*)	= { 21,998 gallons
	= { 2,7497 bushels
= 1000 millilitres (*)	= { 0,21998 gallon
	= { 1,7598 pint
= { 999,84 litres	= { 27,493 bushels
= { 9,9984 hectolitres	= { 219,94 gallons
= 4,5460 litres	= { 4 quarts (*)
	= { 8 pints = 32 gills (*)
= 36,368 litres	= { 8 gallons = 1/8 quarter (*)
	= { 4 pecks = 1/3 sack (*)
= 28,312 litres	= { 6,2280 gallons
	= { 0,77850 bushel

D. MENDELÉEFF.



TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Procès-Verbaux des séances de l'année 1897.....	1-154
<i>Procès-Verbal de la première séance, du 13 avril.</i>	1-86
Liste des membres présents. Ouverture de la session.....	1, 2
Éloge du D ^r B. A. Gould, par M. le Président Foerster	2-6
Éloge de Galileo Ferraris, par M. le Président Foerster	6-8
<i>Report du Secrétaire sur la gestion du bureau du Comité depuis la dernière session.....</i>	8-12
Résultat du vote par correspondance sur la fixation de l'époque des sessions au printemps.....	8, 9
Résumé des Rapports financiers sur les deux exercices de 1895 et 1896.....	9
Réponses reçues de quelques Gouvernements sur la question de la Caisse de retraite et d'un fonds de réserve, soumise aux États dans le Rapport spécial de fin novembre 1896. Mémoire d'un mathématicien spécialiste pour les assurances	9-11
Inspection du Bureau international par le Président et le Secrétaire, en octobre 1895.....	11
Rentrée des contributions; en 1896, il y a eu quatre contributions arriérées représentant la somme totale de 2515 ^{fr.}	11-12
Plusieurs membres du Comité donnent des renseignements sur les dispositions favorables de leurs Gouvernements au sujet de la Caisse de retraite.	12, 13
<i>Report de M. Benoît, Directeur du Bureau international, sur l'exercice 1895-1896</i>	14-86
I. — <i>Personnel.</i> Nomination d'un nouvel aide....	14

II. — <i>Bâtiments</i> . Réparation urgente de la fosse du bâtiment annexe, coût environ 2000 ^{fr} ; travaux d'entretien; séparation en hauteur de l'ancien bâtiment des machines.....	14-17
III. — <i>Machines et instruments</i> . Achat d'une raboteuse pour l'atelier du mécanicien; acquisition d'un comparateur automatique enregistreur pour la comparaison des étalons à bouts (prix 1875 ^{fr}), et d'une machine à diviser, construité par la Société genevoise. Différents appareils destinés à la détermination de la masse du décimètre cube d'eau; construction, dans l'atelier du Bureau, de cinq séries complètes de poids divisionnaires en nickel.....	17-24
IV. — <i>Comptes</i>	25-54
I. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.....	25
II. — Frais de confection des prototypes internationaux et des étalons et témoins du Bureau.....	26
III. — Frais annuels.....	27-33
IV. — Frais des prototypes nationaux et de leurs accessoires.....	33-35
V. — Compte de la subvention extraordinaire et des anciens arriérés de contributions.....	35-37
Tableau des comptes de 1895.....	40-46
Tableau des comptes de 1896.....	48-54
V. — <i>Travaux</i>	55-86
<i>Détermination des mètres à bouts</i> . Comparaison de ces étalons entre eux et avec le Prototype normal n° 26. Nouvelles expériences comparatives des deux méthodes, optique et par contacts. Équations définitives des six mètres types à bouts en platine iridié et en forme de X.....	55-61
<i>Détermination des étalons millimétriques et centimétriques</i> , en longueurs d'ondes, d'après la méthode Michelson.....	61-64
<i>Vérification des équations des principaux kilo-</i>	

<i>grammes-étalons du Bureau</i> , savoir : des Prototypes n ^{os} 9 et 31 et des Kilogrammes C et S, qui ont été trouvés identiques, à deux ou trois centièmes de milligramme près, aux valeurs primitives obtenues en 1889.....	64-65
<i>Études pour la détermination de la masse du décimètre cube d'eau</i> . Deux méthodes pour mesurer les volumes des corps immergés, l'une pour des petits corps, au moyen des procédés interférentiels Michelson-Fizeau, a été appliquée par M. Chappuis; l'autre, par le comparateur et des appareils de contact, employée par M. Guillaume. La méthode interférentielle a donné pour résultat provisoire que le kilogramme serait trop lourd, par rapport à sa définition, de 101 ^{ms} environ, ou que 1 ^l = 1000cm ³ , 101. L'autre procédé est en voie d'exécution.....	66-73
M. <i>Chappuis</i> a fait une nouvelle détermination de la dilatation de l'eau.....	73, 74
M. <i>Guillaume</i> a exécuté des comparaisons des différents millimètres étalons du Bureau au millimètre normal, qui ont assuré l'exactitude de l'unité micrométrique avec une certitude parfaite.....	74
L'appareil à palpeurs pour la mesure des volumes, construit d'après les plans de M. Guillaume par MM. Bariquand et Marre, a servi à plusieurs travaux et surtout à la mesure des cylindres pour la détermination du décimètre cube d'eau, qui en résulte avec une valeur provisoire (1 ^l = 1000cm ³ , 1015)	
presque identique à celle de la première méthode.....	75-78
Recherches de M. Guillaume sur les alliages d'acier au nickel, qui ont donné d'importants résultats sur leur dilatation, élasticité, magnétisme, etc., précieux pour leur emploi en Métrologie.....	78-81
Travaux de la Section de Thermométrie; on a déterminé six nouveaux thermomètres pour le Bureau et huit pour différents laboratoires. Précautions à prendre pour le transport des thermomètres de précision.....	81-83

	Pages.
Bibliothèque.....	83
Liste des certificats délivrés du 1 ^{er} septembre 1895 au 1 ^{er} avril 1897.....	84-86
Nomination des deux Commissions spéciales.....	86
<i>Procès-Verbal de la deuxième séance, du 15 avril.</i>	87-109
Le Secrétaire rappelle au Comité qu'il aura à rem- placer prochainement par correspondance les deux Membres décédés	87,88
La proposition de M. Arndtsen, d'imprimer d'avance les principaux rapports pour les Membres du Comité, est renvoyée à la Commission des Tra- vaux.....	88,89
M. Chaney demande au Comité son avis sur la tendance qui se fait jour, en Angleterre, de per- mettre certaines modifications dans la définition du litre. M. Mendéléeff propose de compléter cette définition en fixant la pression. Discussion. Renvoi à la Commission des Travaux.....	89-92
Communication de M. Guillaume sur ses études au sujet des alliages propres à la construction des étalons et des appareils de précision.....	93-108
Études sur les règles en nickel, leur élasticité, di- latation.....	93-97
Études sur les aciers au nickel. Partie métrolo- gique	97-104
Dilatation et remarques générales sur la dureté, l'homogénéité, le poli de ces alliages.....	97-100
Densité, élasticité.....	101, 102
Variations permanentes de longueur avec le temps, effets des recuits.....	102-104
Propriétés magnétiques et dilatations aux tempé- ratures élevées.....	104-107
Conclusions.....	107, 108
La proposition de M. Hirsch de faire construire, pour le Bureau, un étalon divisé, en alliage d'acier-nickel présentant le minimum de dilata- tion, est renvoyée au préavis de la Commission des Travaux.....	108, 109
<i>Procès-Verbal de la troisième séance, du 19 avril.</i>	110-127
Le Secrétaire donne des renseignements sur la	

correspondance du bureau.....	111
Le Comité adopte la résolution, rédigée par le bureau, sur la question du litre, soulevée par M. Chaney.....	112, 113
Premier Rapport de la Commission des Comptes et des Finances; approbation des comptes de 1895 et 1896.....	114
Premier Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.....	115-117
Discussion et adoption à l'unanimité des propositions de ce Rapport avec quelques amendements. Ainsi, le Comité fixe la formule pour la définition du litre, dont la sanction appartiendra à la prochaine Conférence générale.....	117-120
La Commission des Instruments et des Travaux est invitée à faire des propositions au sujet des vérifications périodiques des kilogrammes prototypes, qui doivent commencer en 1899.....	115, 117
Explication de M. Guillaume sur la constance de composition des thermomètres en verre dur, et table des divergences constatées sur les thermomètres, observées dans les dernières années....	120-121
On décide d'établir, pour la prochaine session, un recueil de toutes les résolutions et décisions fondamentales prises par les Conférences générales et par le Comité.....	122-124
Rapport de M. Chappuis sur ses expériences concernant les pesées hydrostatiques, et sur les cubes en quartz et en verre optique encore employés.....	124
	125-127
<i>Procès-Verbal de la quatrième séance, du 22 avril.</i>	128-141
Deuxième Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.....	128-130
Discussion et résolutions prises au sujet des propositions contenues dans le Rapport. Le Comité approuve le renvoi à la prochaine session de la solution définitive de la question du litre, après que la détermination de la masse du décimètre cube d'eau sera terminée.....	129, 130
Le Comité adopte l'avis de la Commission de ne pas s'appropriier, pour le moment, la nouvelle unité de pression, nommée <i>Barye</i>	129, 130

Le Comité autorise le Bureau à faire construire, sous sa direction et sa surveillance, en nickel-acier, non seulement des millimètres et des centimètres, mais aussi des décimètres étalons, divisés en millimètres sur toute leur longueur...	130-132
Le bureau du Comité est chargé de faire les démarches utiles auprès des Gouvernements en vue des comparaisons en 1899 des kilogrammes prototypes et des thermomètres qui ont accompagné les mètres prototypes.....	130-133
Le Directeur du Bureau est autorisé à pourvoir, en temps utile, à la revision des balances.....	130-133
Second Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.....	133-135
Le Comité adopte, après discussion, à l'unanimité, les conclusions de ce Rapport et approuve les projets des budgets pour les exercices de 1898 et 1899.....	135-136
Sur la demande de M. Hepites, appuyée par plusieurs membres, le Bureau est autorisé à déterminer les dimensions et la masse des barreaux aimantés pour les observations magnétiques et les théodolites de campagne.....	136-138
Après discussion, il est décidé d'adresser aux Gouvernements une nouvelle circulaire qui indiquera la nature et l'étendue des renseignements désirés pour la Bibliographie métrologique.....	138-141
 <i>Procès-Verbal de la cinquième séance, du 24 avril.</i>	
	142-154
Le Secrétaire rend compte de la correspondance....	142, 143
Troisième Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux	143-144
Discussion des résolutions proposées qui sont adoptées avec quelques amendements.....	144-147
Ratification de la rédaction, proposée par le Directeur, des Certificats pour les mètres-étalons à bouts.....	147-151
Le Comité adopte le programme, proposé par le Président, des travaux du Bureau pour la période bisannuelle de 1897 et 1898.....	151, 152
Une Sous-Commission formée de MM. Foerster, Hirsch et Benoit, est chargée d'élaborer un projet définitif d'une Caisse de retraite, qui sera soumis	

