

COMITÉ INTERNATIONAL

DES POIDS ET MESURES.

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES.

DEUXIÈME SÉRIE. — TOME II.

SESSION DE 1903.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1903

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

PROCÈS-VERBAUX
DES SÉANCES DE L'ANNÉE 1903.

PROCÈS-VERBAL

DE LA PREMIÈRE SÉANCE,

TENUE AU BUREAU INTERNATIONAL,

Judi 16 avril 1903.

PRÉSIDENCE DE M. ARNDTSEN.

Sont présents :

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

La séance est ouverte à 3^h.

M. ARNDTSEN, président d'âge, informe le Comité que M. Foerster ayant été obligé, par une grave préoccupation de famille, de retarder son arrivée à Paris, il a dû assumer la présidence provisoire jusqu'à l'arrivée du Président effectif.

Il constate que, le quorum réglementaire de huit voix étant dépassé, le Comité est en nombre pour délibérer valablement. Il déclare donc ouverte la session de 1903, et souhaite la bienvenue à MM. les Membres du Comité international.

M. BLASERNA, secrétaire, lit le télégramme suivant de M. Foerster, qu'il a reçu hier soir, en arrivant à Paris :

« Retenu par grave maladie de ma femme, lettre suit demain matin.

» FOERSTER ».

Dans sa lettre, arrivée ce matin, M. Foerster annonce que la maladie de M^{me} Foerster a pris une forme plus rassurante et qu'il espère pouvoir se trouver à Paris samedi matin. Il prie Messieurs les Membres du Comité de commencer leurs travaux, et espère que M. Arndtsen voudra bien les diriger jusqu'à son arrivée.

M. LE SECRÉTAIRE est bien certain de répondre à la pensée de tous les Membres présents en proposant d'envoyer à M. Foerster un télégramme de sympathie, exprimant l'espoir que, le mieux se continuant dans l'état de M^{me} Foerster permettra au Président du Comité de venir reprendre bientôt sa place au fauteuil.

Séance tenante, M. le Président d'âge expédie le télégramme suivant :

« *A Monsieur Foerster, Observatoire, Berlin.*

« Le Comité international des Poids et Mesures, en commençant ses travaux, vous adresse ses vœux pour le rétablissement rapide de M^{me} Foerster, qui vous permettra de reprendre votre activité parmi nous aussitôt que possible.

» *Le Président d'âge,*

» ARNDTSEN ».

M. LE SECRÉTAIRE est heureux de saluer, au nom du Comité, le nouvel élu, M. Mascart, qui assiste pour la première fois à la séance. Le Comité sait déjà que l'élection de M. Mascart, en remplacement de M. A. Cornu, a eu lieu, par correspondance, à la fin de l'année dernière, et que M. Mascart a été élu à l'unanimité des votants. Un seul membre, M. de Macedo, n'a pas pu prendre part au vote, empêché qu'il était par l'état de sa santé. M. Mascart a bien voulu accepter cette nomination, en écrivant la lettre suivante, en réponse à la communication officielle que M. le Président lui en avait faite :

BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE.

176, rue de l'Université.

CABINET DU DIRECTEUR.

Paris, le 21 janvier 1903.

MON CHER PRÉSIDENT,

Je viens de recevoir la lettre officielle par laquelle vous m'informez, que le Comité international des Poids et Mesures m'a élu à l'unanimité en remplacement de M. Cornu. Je suis très touché de cette marque de sympathie, et je vous remercie en particulier de la manière dont vous voulez bien apprécier mon concours futur. Ce concours n'aura pas la compétence de mon regretté ami ; il sera au moins dévoué à votre belle institution et à nos collègues.

Veillez agréer, mon cher Président, l'assurance de mes sentiments affectueux,

E. MASCART.

M. MASCART remercie le Comité de l'excellent accueil qu'il veut bien lui faire. Il considère cette élection comme un grand honneur ; et ce sera avec une réelle satisfaction qu'il s'efforcera de contribuer utilement aux travaux si importants de l'Institution internationale. Malheureusement, cette satisfaction est mêlée du regret profond de la perte si douloureuse et si imprévue de son éminent prédécesseur. Il demande, comme première proposition au Comité, qu'une lettre officielle de condoléance soit adressée

à M^{me} veuve Cornu, pour lui exprimer toute la part que le Comité a prise à son deuil.

M. LE SECRÉTAIRE appuie la proposition de M. Mascart, et rappelle qu'après la mort si regrettée de M. Cornu, le bureau s'est empressé d'envoyer une commémoration à M^{me} Cornu en même temps qu'aux Membres du Comité. Ce document sera du reste inséré aux Procès-Verbaux de cette session.

Le bureau du Comité est chargé de l'envoi de la lettre proposée par M. Mascart.

M. D'ARRILLAGA a le regret d'informer le Comité que, s'il ne voit pas au milieu de lui M. de Macedo, si assidu cependant, c'est qu'il vient d'être frappé par un grand malheur, qui s'est ajouté à sa propre maladie : M^{me} de Macedo est en effet décédée tout récemment. M. d'Arrillaga propose d'adresser un télégramme de regrets et de sympathique condoléance à M. de Macedo.

La proposition est acceptée, et M. le Président d'âge envoie immédiatement le télégramme suivant :

« *A Monsieur de Macedo, Malaga (vel ubi).*

« Le Comité international des Poids et Mesures, en commençant ses travaux, vous adresse l'expression de la vive part qu'il prend à votre malheur.

« *Le Président d'âge,*
» ARNDTSEN ».

M. LE SECRÉTAIRE fait remarquer, qu'ordinairement, une partie de la première séance est consacrée aux informations, que le bureau du Comité fournit sur tous les faits importants de sa gestion dans l'intervalle des deux sessions. L'absence provisoire de M. le Président rendrait aujourd'hui cette Communication forcément incomplète.

Il demande donc la permission de l'ajourner à une prochaine séance.

M. ARNDTSEN partage l'avis de **M. le Secrétaire**, tout en lui demandant de bien vouloir, dès aujourd'hui, donner lecture de la Commémoration que le bureau a consacrée à la Mémoire du regretté Membre honoraire von Wild.

M. le Secrétaire s'exprime dans les termes suivants :

Notre Comité et la Science ont une douloureuse perte à déplorer par la mort de notre bien regretté Membre honoraire H. von Wild. Né en décembre 1833, à Uster, dans le canton de Zurich, il fit ses études d'abord à Zurich ; plus tard, il se consacra à la physique, dans le laboratoire de F. Neumann, à Königsberg ; il reçut le doctorat en 1858, à l'Université de Zurich, et, la même année, il fut nommé professeur extraordinaire à l'Université de Berne, à l'âge de 25 ans.

A la chaire de physique, dans cette Université, était annexée la direction de l'Observatoire météorologique ; cette réunion décida de toute sa carrière scientifique. Wild se voua avec passion aux études de météorologie, et s'occupa de l'organisation de son Observatoire, en en faisant une station centrale pour les cantons de Berne et de Soleure. Cette organisation devint le point de départ pour le grand réseau météorologique de la Suisse, organisé sous les auspices de la Société helvétique des Sciences naturelles. En même temps, Wild fut nommé Directeur du Bureau fédéral des Poids et Mesures, et eut ainsi l'occasion de procéder à une revision complète des étalons suisses.

L'organisation du service météorologique, faite par Wild, attira sur lui l'attention du monde scientifique ; on reconnut en lui les qualités d'organisateur intelligent et une activité tout à fait extraordinaire. C'est surtout pour ce motif que le Gouvernement russe l'appela à Saint-Petersbourg, lui confia la direction du Bureau physique central, à la place du célèbre professeur Kuppfer, décédé, et le chargea de compléter l'organisation du Bureau et de tout le service météorologique et magnétique de ce vaste empire.

En 1876, Wild fonda à Pavlovsk un observatoire météorologique et magnétique qui fut considéré comme un modèle. Grâce à sa grande activité et aux moyens largement fournis par le Gouvernement, la Météorologie eut en Russie un développement admirable,

et contribua largement à la connaissance des grands phénomènes de l'atmosphère.

On doit à Wild la fondation des Conférences météorologiques internationales. En 1880, il fut Président du Comité international qui s'était réuni pour tracer le programme des recherches scientifiques dans les régions polaires. Comme chef du Service russe, il fonda le grand *Répertoire de Météorologie*, dont il s'occupa avec soin tout le temps qu'il resta en Russie.

Mais l'œuvre de Wild ne fut pas seulement celle d'un grand organisateur : comme savant, il traita, pour ainsi dire, toutes les questions qui regardent la science de sa prédilection. Les instructions qu'il a rédigées pour les observatoires; la publication des rapports annuels sur les résultats obtenus dans son grand réseau; les comparaisons qu'il exécuta, pour assurer à toutes les stations des instruments qui fussent strictement comparables entre eux; ses recherches sur la meilleure forme et sur l'emplacement à donner aux observatoires constituent un ensemble de travaux de la plus haute importance. Mais il faut ajouter que ses recherches spéciales et les nombreux perfectionnements qu'il a apportés aux instruments et aux méthodes de mesure lui ont assuré une place éminente dans cette nouvelle branche de la Science. Il a publié de nombreux Mémoires sur la mesure de la température de l'air et du sol, de la pression atmosphérique, de l'humidité, de la vitesse du vent, de l'évaporation et des précipitations, comme aussi sur les constantes magnétiques et sur la photométrie. Son grand Mémoire sur le climat de la Sibérie, et plus encore sa publication vraiment classique sur la distribution de la température en Russie, constituent des ouvrages considérables et nécessaires à consulter par tous ceux qui s'intéressent à la Météorologie.

En même temps, il a été un des membres les plus anciens et les plus distingués dans notre Comité international des Poids et Mesures. Dès 1870, il fut le délégué de la Russie à la première réunion internationale pour le Mètre, et y fut élu Membre du Comité des recherches, qui eut pour mission de préparer la seconde réunion internationale pour l'année 1872. Dans celle-ci, il fut nommé Membre du Comité permanent; mais il ne prit aucune part à ses travaux, d'accord en ceci avec les délégués de l'Allemagne et de l'Autriche, parce qu'on ne voulait pas mettre à exécution la proposition de la réunion de 1872, tendant à créer un Bureau permanent et international des Poids et Mesures. La fermeté, montrée en cette occasion

par Wild et ses deux collègues, fut la cause principale qu'une nouvelle réunion internationale fut convoquée pour le mois de février 1875, et l'insistance de Wild eut une influence décisive pour la création définitive du Bureau permanent. A cette époque, il s'est trouvé dans une situation bien difficile, parce qu'il avait à soutenir les demandes scientifiques de l'Académie de Saint-Petersbourg, tandis que la diplomatie russe à Paris était encore contraire à ces tendances; mais, grâce à ses efforts, l'accord s'établit dans le sens désiré par l'Académie et par la Science. Cette constance de volonté restera un des faits importants dans l'histoire de notre institution internationale.

Wild a été ensuite Membre du Comité, et a contribué, pendant vingt ans, à l'œuvre commune avec tout son zèle et une grande compétence.

Sa santé devenant déjà chancelante, Wild se retira à Zurich, et crut devoir donner sa démission aussi de notre Comité, qui, pour ne pas se séparer entièrement de lui, le nomma Membre honoraire. Il continua tranquillement ses études favorites, et mourut le 5 septembre 1902. Il était Membre de l'Académie impériale de Saint-Petersbourg depuis 1870 et Associé étranger de l'Académie royale dei Lincei depuis 1895. Son nom restera inscrit dans les annales de la Science, et, par la douceur et l'aménité de son caractère, son souvenir demeurera gravé dans le cœur de tous ses collègues et amis.

Après la lecture de cette Commémoration, M. le Secrétaire ajoute que, déjà l'année dernière, M. le Président et lui-même ont envoyé à M^{me} von Wild la lettre suivante de condoléance, écrite de Paris au moment de leur visite d'inspection faite au Bureau :

Paris, 15 octobre 1902.

TRÈS HONORÉE MADAME,

Votre digne époux si regretté a été un des premiers et des plus dévoués fondateurs de l'Institution internationale des Poids et Mesures. Nous n'oublierons jamais les services éminents que ce savant de haute valeur et ce collègue si aimable n'a cessé de rendre à l'Œuvre commune; et nous reconnaitrons toujours que, si le Comité et le Bureau international ont pu acquérir une haute notoriété dans le monde scientifique, ils le doivent en partie aux efforts soutenus et à la compétence de notre cher Wild. C'est dans ce sentiment de

vive gratitude que le Comité avait voulu conserver avec lui, jusqu'à la fin, des liens d'affection et de collaboration, et l'avait prié d'accepter le titre de Membre honoraire.

Le Comité tout entier a donc été douloureusement affligé par sa disparition prématurée, et a vivement participé à la grande douleur que vous avez éprouvée par la perte de votre excellent époux. Nous vous demandons donc la permission de nous associer à votre deuil, qui est aussi le nôtre, et nous vous prions, très honorée Madame, de bien vouloir agréer l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

A Madame de Wild. Zurich.

M. LE SECRÉTAIRE informe le Comité, que M. Chaney regrette beaucoup d'être empêché, pour la première fois, de ne pouvoir prendre part aux séances de cette session, relevant à peine d'une maladie grave, et son médecin s'étant opposé au voyage malgré son vif désir.

En ce qui concerne M. Michelson, le bureau a reçu de lui une lettre exprimant l'espoir, qu'il pourra traverser l'Océan, malgré les pressantes occupations qui l'absorbent.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Benoît, Directeur du Bureau international, pour son Rapport réglementaire sur l'activité du Bureau depuis la dernière session.

M. LE DIRECTEUR donne lecture du Rapport suivant :

I. — PERSONNEL.

Depuis la précédente session du Comité, il s'est produit dans le personnel du Bureau international quelques changements importants. Le plus grave est celui qui a résulté du départ de M. Chappuis. Je n'ai pas à apprendre au Comité que des intérêts et des convenances de famille ont amené M. Chappuis à prendre la résolution, malheureusement prévue depuis longtemps, de nous quitter pour rentrer

dans son pays. Les *Procès-verbaux* de 1901 ont enregistré sa démission, ainsi que la décision prise par le Comité de lui conférer, à partir de ce moment, le titre de *Membre honoraire du Bureau international*, en témoignage de haute estime et de profonde sympathie; et aussi dans le but de conserver entre lui et notre institution un lien qui, quoique moins étroit que par le passé, l'attachera encore à nous, et lui permettra de rester en communication constante avec nous dans les études qu'il se propose de poursuivre sur les questions intéressant la Métrologie. Nous pouvons donc espérer que sa collaboration n'est pas entièrement perdue pour nous.

Entré au Bureau en novembre 1881, M. Chappuis y a marqué sa trace, pendant une période de près de vingt ans, par des travaux de premier ordre, dont les résultats sont déjà devenus classiques et semblent, ainsi que nous aurons l'occasion de le voir bientôt, gagner en valeur à mesure qu'on les examine de plus près et qu'on les scrute plus profondément. Il a contribué à enrichir notre laboratoire de très beaux appareils, pleins d'ingénieuses dispositions. Je n'ai pas besoin d'insister auprès du Comité sur la perte considérable que son départ constitue pour notre Institution. Enfin, qu'il me soit permis de le dire encore une fois, en quittant Breteuil, il n'y a laissé que de bons souvenirs et il a emporté avec lui les regrets unanimes de tous ses collègues et collaborateurs.

C'est à la fin du mois de janvier 1902 que M. Chappuis est rentré définitivement à Bâle. Depuis lors, cependant, il est venu faire ici un séjour d'un mois, en avril-mai de la même année, pour compléter quelques déterminations relatives à la question du décimètre cube d'eau.

Après le départ de M. Chappuis, M. Guillaume a pris le titre et les fonctions de Directeur-Adjoint, conformément aux décisions du Comité, ratifiées par la Conférence générale de 1901.

A ce moment, nous avons dû songer aussi à réorganiser notre personnel, dans les conditions nouvelles résultant du retour à notre ancien budget. Pour commencer, toutefois, et tant que l'acceptation unanime par tous les Gouvernements de la nouvelle base de leurs contributions ne nous était pas définitivement assurée, nous ne pouvions procéder, dans la voie des augmentations de personnel et, par suite, des accroissements de charges pour nos finances, qu'avec une extrême prudence. Les dernières adhésions n'étant devenues formelles qu'à la fin de l'exercice de 1902, nous nous sommes contentés provisoirement, pour cette première année, d'engager un

Aide. Dans cette grave question du recrutement de notre personnel scientifique, il nous semble que notre première préoccupation doit être celle de l'avenir de notre Institution; c'est-à-dire que nous devons nous efforcer de lui assurer, autant que possible, un personnel qui s'y attache, qui vise à y rester, à y faire sa carrière, à consacrer sa vie à la Métrologie; de manière à garantir notre Bureau contre le très grand péril qu'il a couru il y a quelque temps, celui de se voir presque complètement désarmé, à un moment donné, par le départ de ses fonctionnaires les plus importants, appelés ailleurs par des intérêts ou des convenances personnelles.

Dans l'impossibilité de remplir, d'emblée, le grand vide laissé par la démission de M. Chappuis, j'ai engagé à titre d'Aide, à partir du 1^{er} janvier 1902, un jeune ingénieur, ancien élève de l'École de Physique et Chimie de la ville de Paris, sorti major de sa promotion, M. Tarrade, qui a rempli les fonctions qui lui ont été confiées, depuis bientôt un an et demi, à notre entière satisfaction; il est permis d'espérer qu'il constituera, pour notre Bureau, une très bonne recrue.

A partir du 1^{er} janvier de cette année, j'ai également engagé, sur sa demande appuyée par notre collègue M. Hépites, comme Aide temporaire, M. Murat, licencié ès sciences, météorologiste adjoint à l'Institut météorologique de Bucarest. Le but principal de M. Murat, en venant passer quelque temps avec nous, est avant tout de s'instruire dans la Métrologie; c'est ce qu'il fait, en pratiquant sous notre direction, et tout en prêtant sa collaboration aux travaux qui nous incombent. Ce rôle d'école de Métrologie, par lequel notre Institution peut faire connaître dans tous leurs détails et répandre à l'extérieur les méthodes d'étude qui y ont été créées ou perfectionnées et qui y sont journellement appliquées, est, comme M. le Président l'indiquait dans la dernière session, extrêmement important et utile, et ne doit pas être perdu de vue. Toutefois, il est à présumer que le concours que M. Murat peut nous apporter sera d'assez courte durée, et nous devons nous occuper très prochainement de recruter un complément de personnel qui puisse nous rester attaché plus longtemps.

En terminant ce chapitre, je dois signaler que la fin de l'année dernière a été fortement troublée, pour nous tous et pour le Bureau, par suite d'une grave maladie, une fièvre typhoïde, que M. Guillaume a contractée au commencement de novembre, et dont la gué-

riçon et la convalescence ont été extrêmement longues. Ce n'est que depuis peu de temps que M. Guillaume a pu rentrer à peu près complètement dans les conditions de sa vie normale, et recommencer à se remettre peu à peu aux travaux qu'il s'était vu forcé d'interrompre pendant près de cinq mois.

II. — BATIMENTS.

J'ai peu à dire sur ce sujet. L'augmentation de 4000^{fr} à 6000^{fr} des crédits consacrés à ce chapitre nous a mis plus à l'aise, et nous a permis de faire, en dehors de l'entretien ordinaire et courant, un certain nombre de réparations qui attendaient depuis plus ou moins longtemps. L'une des plus importantes, dont j'avais déjà indiqué la nécessité prochaine, a consisté dans une remise à neuf du logement du gardien, qui tombait en ruines. On a dû enlever entièrement les vieux carrelages, qui étaient dans le plus mauvais état, et qu'on a remplacés par des parquets; on a refait une certaine quantité de boiseries, fenêtres, persiennes, etc. L'ensemble de ces réparations a coûté 2476^{fr}; il reste encore un compte de peinture à régler. Après le départ de M. Chappuis, il y a eu aussi quelques réparations à faire dans son ancien appartement, avant que M. Guillaume vint s'y transporter. Il n'y a pas lieu de s'étendre sur ces points de détail.

En ce qui concerne les réparations et améliorations qui restaient encore à faire, après celles dont j'ai longuement rendu compte dans mon précédent Rapport, sur le crédit extraordinaire de 40000^{fr}, voté en 1900, j'ai également très peu de chose à ajouter; on a complété la clôture, qui restait encore à restaurer dans la partie ouest, sur le derrière de notre Observatoire: la dépense, maçonnerie et charpente, a monté à 520^{fr}. Le reste de l'utilisation du crédit de 40000^{fr} trouvera plus naturellement sa place dans le Chapitre suivant.

III. — MACHINES ET INSTRUMENTS.

Aussitôt après la dernière réunion du Comité, j'ai mis à exécution la décision qui m'autorisait à acquérir un nouveau moteur à gaz, pour remplacer notre ancienne machine, qui, de faible puissance (2 chevaux), d'un modèle vieilli et suranné, et sensiblement fatiguée et usée par 18 années de service, était devenue très insuffisante,

étant donnés le développement qu'a pris peu à peu notre installation électrique et les nombreux services auxquels elle est maintenant appliquée. Après avoir recueilli des informations aux meilleures sources, j'ai pris à la Compagnie française des moteurs à gaz et des constructions mécaniques (Compagnie Otto) un moteur de 5 chevaux, horizontal, à soupapes, qui a été installé à la même place qu'occupait le précédent. L'installation a nécessité, comme il fallait s'y attendre, un remaniement des fondations et une transformation complète de la tuyauterie, gaz et eau. Ce moteur a fonctionné depuis lors avec une parfaite régularité, et nous a donné toute satisfaction.

En ce qui concerne notre installation électrique, j'ai déjà dit, dans mon Rapport de 1901, que nous avons entièrement refait nos lignes, en câble suffisamment fort et bien isolé. La batterie d'accumulateurs que nous avons commandée a été installée en janvier de l'année dernière. Elle se compose de 44 éléments du système d'Arsonval-Vaugois, et peut fournir 100 ampères-heures au débit de 20 ampères, ou 112 ampères-heures au débit de 11,2 ampères, sous une tension de 88 volts environ. Les éléments sont disposés en quatre séries de onze, qu'un coupleur à godets de mercure permet de réunir en tension ou en quantité, de manière à marcher à volonté sous 88, 44 ou 22 volts. Presque toutes nos lignes sont disposées de manière à fonctionner avec 44 volts; dans ces conditions, nous disposons donc d'environ 200 ampères-heures, et pourrions débiter jusqu'à près de 40 ampères. Ce n'est que très exceptionnellement que nous aurions à utiliser des courants de cette intensité; nous restons presque toujours beaucoup au-dessous. La batterie suffit donc largement à tous nos besoins, et fonctionne même dans des conditions qui la ménagent beaucoup. Après plus d'un an de service, elle a encore l'air d'être absolument neuve. Nous la chargeons une fois tous les huit jours en moyenne. La charge, au moyen de notre dynamo Hillairet-Huguet, dure de huit à dix heures.

A la batterie est annexé un petit tableau de distribution, comprenant un voltmètre, deux ampèremètres, un conjoncteur-disjoncteur automatique et divers interrupteurs. Quelques autres appareils de mesure ont été installés sur diverses lignes; ils permettent de contrôler continuellement l'installation et mettent à l'abri de tout accident.

Dans ce Chapitre, je dois signaler la rentrée de nos deux principales balances, celle de Rueprecht et celle de Bunge, qui étaient en réparation, chez leurs constructeurs respectifs, depuis 1900.

La balance Rueprecht a été entièrement restaurée; on pourrait dire qu'elle a été à peu près complètement refaite. Les couteaux en ont été ou remis à neuf ou remplacés. Le mode de suspension des plateaux sur le fléau a été modifié, de la même manière que dans notre balance n° 5, qui avait été construite postérieurement à la précédente; c'est-à-dire que la suspension est faite par l'intermédiaire de deux couteaux croisés à angle droit, et dont les arêtes sont dans un même plan horizontal: l'un des deux couteaux est alors nécessairement évidé en son milieu, de manière à laisser passer l'autre entre ses deux moitiés. Le mécanisme du déclenchement a été transformé, de manière que les plateaux se posent d'abord sur les couteaux extrêmes, avant que le couteau moyen vienne appuyer sur son agate. On évite ainsi les chocs ou secousses que reçoit à peu près inévitablement le fléau lorsque les mouvements s'opèrent (comme c'est le cas général dans les balances de précision ordinaires) dans l'ordre inverse; on supprime, de plus, complètement un inconvénient qui existe à un degré plus ou moins marqué dans plusieurs de nos balances, et qui consiste dans un entraînement du fléau, lors du déclenchement, par l'un ou l'autre des plateaux, auquel il reste en quelque sorte accroché, et dont on ne peut le dégager qu'en imprimant à la fourchette de petites secousses, nuisibles à la fois à la balance et à la pesée. De nouveaux mécanismes ont été ajoutés, qui permettent de déposer, sur l'un ou l'autre plateau, les petits poids additionnels destinés à la détermination de la sensibilité, sans ouvrir la cage et sans approcher de la balance. Une disposition spéciale donne à l'observateur la possibilité de régler à volonté, tout en ayant l'œil à la lunette, l'amplitude de l'oscillation. Enfin, l'ancienne cage de bois, qui avait assez fortement souffert de l'humidité, a été remplacée par une cage de métal, qui est munie, sur toutes ses faces, de portes garnies de glaces, donnant de tous côtés libre accès, et permettant d'opérer, à l'intérieur, toutes les manipulations nécessaires avec plus de facilité et de sûreté qu'autrefois. Cette balance nous a été rendue au mois de juin, et a été peu après remise en place sur son ancien pilier. J'ai commencé à en faire usage, pour les pesées d'un cube de quartz construit par M. Jobin et destiné à M. Macé de Lépinay pour la détermination, par sa méthode, de la masse du décimètre cube d'eau. Ces pesées

ne sont pas terminées, et ne me permettent pas d'exprimer encore un jugement sur l'effet que tous ces perfectionnements auront eu sur la valeur de l'instrument.

La balance Bunge ne nous est revenue de chez le constructeur qu'à la fin de décembre. Elle a subi des modifications moins profondes que celle de Rueprecht; néanmoins, M. Bunge ne s'est pas borné à la nettoyer; il a remplacé les pièces qui avaient souffert, particulièrement les couteaux, que l'humidité avait notablement rouillés et abimés : M. Bunge les a remplacés par des couteaux d'agate, que beaucoup de constructeurs préfèrent aujourd'hui aux couteaux d'acier. Il a également modifié et amélioré le mécanisme de déclenchement. La mise en place de la balance, son réglage et celui de tous les organes destinés à la transposition des poids, ainsi qu'à l'adjonction des poids additionnels, m'a occupé pendant plusieurs semaines. Je n'ai encore pu faire que quelques mesures préliminaires, qui paraissent cependant suffisantes pour indiquer que la balance fonctionne d'une manière remarquablement parfaite.

Aussitôt après la session du Comité, ces deux balances pourront être mises en service d'une façon régulière et être employées concurremment pour la nouvelle détermination de nos kilogrammes, qui a été inscrite, en principe, dans nos programmes futurs, lors des précédentes sessions du Comité. Nous pourrions alors nous prononcer sur leurs qualités respectives.

Un autre instrument, commandé et en cours de construction depuis bien longtemps, vient également de nous être livré, il y a quelques semaines. C'est notre règle de 4 mètres, en acier-nickel à 36 pour 100 de nickel, dit *invar*, à section en H, exactement semblable à celle qui a été construite précédemment pour le Service géographique de l'armée française, et que nous avons pu déjà montrer à la Conférence générale de 1901.

Cette dernière règle présentait, dans sa division, un petit défaut qui nous a engagés à la renvoyer à la Société genevoise pour en recommencer le tracé, lequel a été effectivement refait d'une manière tout à fait satisfaisante. Je puis ajouter qu'une troisième règle semblable, commandée par M. Anguiano et destinée à la Commission géodésique mexicaine, a été aussi construite, et nous a été envoyée en même temps que la règle française retracée. Trois autres règles semblables, ou très analogues, sont encore actuellement en cours de construction, pour la Chambre centrale des Poids

et Mesures de Russie, pour la Commission géodésique du Japon, et pour la Commission des Poids et Mesures de l'Empire d'Allemagne. On peut donc dire que la fabrication de ces appareils, dont la première a été extrêmement difficile et laborieuse, et a exigé, tant de la part de la Société de Commentry-Fourchambault que de la part de la Société genevoise, des tâtonnements nombreux, des essais, des modifications dans les procédés, est devenue, pour ainsi dire, courante; et le Comité sera à même de juger, par les trois exemplaires que nous pouvons mettre sous ses yeux, de la perfection avec laquelle elle est aujourd'hui réalisée.

Je ne ferai qu'indiquer d'un mot quelques perfectionnements que nous avons introduits dans certaines de nos installations; par exemple l'application de l'éclairage électrique au comparateur universel, qui ne l'avait pas encore; l'adjonction à cet appareil d'un petit banc spécial, muni des organes de réglage nécessaires, pour l'étude des divisions décimétriques; des améliorations dans les transmissions des mouvements au comparateur géodésique et à la machine à diviser. Mais je crois devoir signaler, en terminant, une pièce intéressante, dont M. Chappuis avait entrepris la construction assez longtemps avant de quitter Breteuil, et qu'il comptait y utiliser pour des études ultérieures, que son départ lui a fait abandonner, au moins pour le moment. La pièce nous est restée et nous pourrions l'utiliser plus tard. On sait les inconvénients que présentent les réservoirs des thermomètres à gaz en verre ou en porcelaine, pour les hautes températures. M. Chappuis s'est proposé de construire un réservoir en quartz fondu. Le procédé employé est celui qui a été indiqué et mis en œuvre d'abord par M. Dufour, préparateur à l'École normale supérieure. Des morceaux de quartz cristallisé sont d'abord *étonnés*, c'est-à-dire chauffés dans un creuset jusqu'à une température de 500° ou 600°. Ensuite on les présente à la flamme d'un chalumeau oxhydrique, où ils se ramollissent, et on les étire en baguettes généralement assez irrégulières. On reprend alors ces baguettes et on les contourne sur elles-mêmes, en les reportant dans la flamme, sous la forme d'hélices dont on accole chaque nouvelle spire aux spires précédemment placées. Il reste à reboucher ensuite, par des fragments de silice fondue qu'on rapporte, les trous nombreux que ce procédé laisse d'abord subsister dans la paroi obtenue; puis à souffler, point après point, de manière à tâcher de réaliser une forme aussi régulière que

possible. Le réservoir, à la construction duquel M. Chappuis a consacré de nombreuses heures, et qu'il a finalement obtenu, est un tube cylindrique de 5 à 6 centimètres de diamètre, sur 22 centimètres de longueur, terminé par des calottes hémisphériques, et prolongé d'un côté par un tube capillaire d'une trentaine de centimètres. Il a été jaugé et a une capacité d'environ un demi-litre. Cette pièce est, semble-t-il, la première de cette importance qui ait été faite en quartz fondu; à ce titre, elle constitue une sorte de curiosité scientifique et méritait d'être mentionnée.

Ce que nous avons fait à propos des appareils pour la mesure des bases par le procédé Jäderin, c'est-à-dire au moyen de fils métalliques tendus sous tension constante, trouvera plus naturellement sa place dans le Chapitre de ce Rapport consacré aux travaux du Bureau depuis la précédente session.

IV. — COMPTES.

Pour faire suite à mon Rapport de la précédente session, j'ai à rendre compte ici des résultats des deux exercices financiers de 1901 et 1902. Je le ferai sous la forme habituelle. De ces deux exercices, celui de 1902 est le premier qui se présente avec le retour à notre ancien budget de 100 000^{fr}. Les propositions du Comité à ce sujet, approuvées en principe par les Délégués de la plupart des États à la Conférence générale de 1901, ont été en effet ratifiées, dès l'année suivante, par l'unanimité des Gouvernements adhérents à la Convention, avec un empressement dont nous devons leur exprimer notre reconnaissance. Je puis ajouter que les rentrées des contributions, sur cette nouvelle base, se sont faites, d'une façon générale, comme on le verra plus loin, dans l'exercice 1902, avec une régularité à laquelle nous n'avons pas toujours été habitués.

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

D'après les *Procès-verbaux* de 1901 (voir p. 77 et 79),
le Compte I possédait, au commencement de l'exercice
de 1901, un actif disponible de 18617,38^{fr}
Pendant le cours de l'année 1901, il a eu une recette
A reporter..... 18617,38

Report.....	18617,38 ^{fr}
provenant des <i>taxes de vérifications</i> . Les ressources provenant de cette origine doivent désormais, comme on le sait, être partagées entre le Compte I et le nouveau Compte IV (Caisse de secours et de retraites), ce dernier devant recevoir 30 pour 100 de ces ressources, sans toutefois que la somme puisse excéder 1000 ^{fr} . Les taxes de vérifications ayant fourni, pendant l'année 1901, une somme totale de 3465 ^{fr} , il y a donc lieu d'inscrire aux recettes du Compte I, sur cet exercice, une somme de	
	<u>2465,00</u>
Les recettes du Compte I, en 1901, se sont donc élevées à	21082,38
D'autre part, conformément aux décisions du Comité (<i>Proc.-verb.</i> de 1900, p. 89, et de 1901, p. 25), le Compte I a fourni une somme de.....	5000,00
constituant une partie du crédit extraordinaire de 40000 ^{fr} affecté aux réparations et améliorations qui ont été effectuées au cours de cet exercice. Aucune autre dépense n'ayant d'ailleurs été inscrite sur ce Compte pendant cette période, il en résulte qu'il lui restait, à la fin de 1901, un actif disponible de.....	<u>16082,38</u>
Pendant l'exercice de 1902, à cet actif s'est ajouté une recette provenant des <i>taxes de vérifications</i> , toujours suivant la même règle, et montant à.....	2102,70
Comme aucune nouvelle dépense n'a été inscrite sur ce Compte, dans cette même année, il reste, à la fin de 1902, avec un actif disponible de.....	<u>18185,08</u>

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Ce Compte possédait au commencement de 1901 (<i>Proc.-verb.</i> de 1901, p. 79) un actif disponible de.....	31431,45
Rien, depuis lors, n'a été inscrit sur le Compte II, ni aux recettes ni aux dépenses. Il reste donc, à la fin de 1902, avec la même situation. Je ferai observer cependant qu'il a été imputé provisoirement au Compte III (Frais annuels) quelques dépenses qui se rapportent au tra-	
A reporter.....	<u>31431,45</u>

Report.....	31431,45 ^{fr}
<p>vail sur la détermination de la masse du décimètre cube d'eau; dépenses qui, conformément aux décisions antérieures du Comité, doivent incomber au Compte II. Mais, comme ces dépenses sont jusqu'à présent minimes, et que les plus importantes ne sont pas encore réglées, il semble qu'il vaudra mieux attendre, pour les reporter au Compte II, jusqu'au moment, prochain d'ailleurs, où nous aurons liquidé l'ensemble des frais entraînés par cette recherche fondamentale.</p>	
Le Compte II reste donc encore, à la fin de 1902, avec un actif disponible de.....	<u>31431,45</u>

III. — Frais annuels.

Au commencement de l'exercice 1901, le Compte III possédait (<i>Proc.-verb.</i> de 1901, p. 81) un actif disponible de.....	75835,05
<p>Pendant le courant de l'année 1901, les recettes de ce Compte ont été les suivantes :</p>	
1. Contributions réglementaires pour 1901 ..	64056,00 ^{fr}
c'est-à-dire la somme réglementaire de 75 000 ^{fr}	
diminuée des contributions non rentrées de :	
Confédération Argentine.....	932 ^{fr}
Pérou.....	932
Russie.....	8585
Serbie.....	466
	<u>10915</u>
et en outre d'une somme de.....	29
provenant de la rectification de l'erreur commise sur le versement de la Suisse pour l'exercice précédent (<i>Proc.-verb.</i> de 1901, p. 50).	
2. Contributions arriérées des exercices précédents rentrées en 1901.....	<u>8994,00</u>
A reporter.....	73050,00
	<u>75835,05</u>

	Report..	73050,00 ^{fr}	75835,05 ^{fr}
3. Intérêts bonifiés :			
1° Par la Caisse des Dépôts et Con-			
signations.	2194,77 ^{fr}		
2° Par MM. Sourmais, Carpentier			
et C ^e	37,30		
	<hr/>	2232,07	
4. Fourniture d'étalons décimétriques.	3600,00		
	<hr/>	78882,07	
Le total des actifs du Compte III s'est donc			
élevé en 1901 à.		154717,12	

Je diviserai les dépenses faites pendant l'exercice 1901 en deux parties : la première comprendra les dépenses ordinaires, soldées sur notre budget normal; la seconde comprendra celles qui se rapportent aux réparations et améliorations en vue desquelles un crédit spécial et exceptionnel de 40000^{fr} avait été voté par le Comité (*Proc.-verb.* de 1900, p. 88).

Les dépenses faites sur le budget normal sont indiquées dans le Tableau suivant, où elles sont mises en regard des prévisions (*Proc.-verb.* de 1899, p. 108) :

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel (Directeur, Adjoints, Aides, Mécanicien, Garçon de bureau, Concierge)				
	35040 ^{fr}	35040,00 ^{fr}		
Indemnités pour services et travaux extraordinaires des deux Adjoints.				
	4000	4000,00		
Études thermométriques, personnel auxiliaire.				
	3460	1194,50		2265,50 ^{fr}
B. Indemnité du Secrétaire.				
	6000	6000,00		
C. Frais généraux d'administration:				
1. Entretien des bâtiments, dépenses, mobilier.				
	4000	4728,35	728,35 ^{fr}	
2. Entretien des machines.				
	200	64,50		135,50
A reporter.	52700	51027,35	728,35	2401,00

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
	fr	fr	fr	fr
Report.....	52700	51027,35	728,35	2401,00
3. Achat d'instruments auxiliaires et entretien des instruments.	1000	1442,45	442,45	
4. Frais d'atelier.....	500	415,15		84,85
5. Frais de laboratoire.....	900	427,90		472,10
6. Achat de glace.....	600	57,25		542,75
7. Frais de chauffage.....	2700	2983,30	283,30	
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3000	3748,05	748,05	
9. Concession d'eau.....	200	93,35		106,65
10. Primes d'assurance.....	353	348,95		4,05
11. Frais de bureau.....	600	859,30	259,30	
12. Bibliothèque.....	800	623,00		177,00
13. Frais d'impressions et publica- tions.....	8000	8307,60	307,60	
14. Frais de secrétariat.....	1000	250,00		750,00
15. Frais divers et imprévus.....	2647	2454,06		192,94
	<u>75000</u>	<u>73037,71</u>	<u>2769,05</u>	<u>4731,34</u>
Donc en moins.....			1962 ^{fr} ,29	

Il y a peu de remarques à faire sur ce Tableau de dépenses. Le compte *Entretien des bâtiments* a été un peu chargé par la réfection complète des deux grands calorifères du Pavillon, dont j'ai déjà parlé antérieurement, et qui a coûté 2000^{fr}. L'excédent de dépense sur le compte *Frais de chauffage* s'explique aisément par l'élévation considérable du prix des charbons; il est malheureusement à prévoir qu'il ne fera qu'aller en augmentant. Celui sur le compte *Frais d'éclairage* est dû surtout, comme dans l'exercice précédent, à l'obligation où l'on s'est trouvé d'éclairer artificiellement, dans les laboratoires, pendant les travaux de réparation qui ont été faits en sous-sol et durant les courtes journées d'hiver. Sur le chapitre *Frais de bureau*, on a compté le prix des casiers qui ont été installés, ainsi que je l'ai dit, pour recevoir nos Archives, dans les combles de l'Observatoire, et qui ont coûté 176^{fr},30. Dans le chapitre *Achat d'instruments auxiliaires*, etc., ont été comprises les acquisitions des appareils électriques divers dont j'ai antérieurement parlé.

L'économie sensible faite sur le chapitre du *Personnel auxiliaire* tient à un ralentissement momentané des demandes d'études thermométriques, qui nous a laissé la liberté de ne pas remplacer immédiatement celle de nos jeunes filles employées à ce service qui

nous a quittés à la fin de février. La diminution appréciable des *Frais de laboratoire* s'explique suffisamment par l'interruption forcée des travaux qui a été la conséquence de nos réparations. Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit, dans mes précédents Rapports, à propos des comptes *Entretien de machines* et *Achat de glace*.

J'ai déjà donné, dans mon Rapport à la précédente session du Comité, des indications détaillées sur les réparations et améliorations qui ont été exécutées au moyen du crédit extraordinaire de 40 000^{fr} (Voir *Proc.-verb. de 1901*, p. 24 et suiv.). Je me bornerai à reproduire le résumé du Tableau des dépenses qui étaient déjà soldées à cette époque (*Ibid.*, p. 41) et à le compléter.

Ces dépenses se sont réparties comme suit :

Construction de l'annexe neuve du bâtiment de l'Observatoire.....	fr 16571,00
Ancien bâtiment. — Réfection des salles d'observation..	4736,00
Id. Galerie en sous-sol.....	7456,00
Vidange et décharge.....	614,00
Distribution d'eau.....	851,00
Distribution du gaz.....	1028,00
Fumisterie.....	928,00
Clôtures.....	3192,00
Honoraires de l'architecte.....	1800,00
	<hr/> 37176,00
dont il y a à déduire :	
Produit de la vente de vieux matériaux.....	3184,00
	<hr/> 33992,00
A la fin de l'exercice, il y a eu à ajouter :	
Complément de la réfection des clôtures : maçonnerie et charpente.....	520,00
Établissement d'une base géodésique dans l'avenue de Breteuil; maçonnerie et serrurerie.....	418,00
Installations électriques; accumulateurs Blot.....	1974,75
Moteur à gaz de 5 chevaux, achat et installation.....	2865,65
	<hr/> 39770,40

Les câbles au moyen desquels nous avons refait nos lignes électriques avaient été déjà payés sur l'exercice précédent, sans sortir

des limites de nos crédits ordinaires. De même nous avons pu, sans charger notre budget normal, faire rentrer, ainsi que je l'ai déjà dit, l'achat des instruments de notre petit tableau de distribution sur le chapitre ordinaire *Achat d'instruments auxiliaires* dans l'exercice de 1901.

Notre nouveau moteur à gaz, de 5 chevaux, est du prix de 2720^{fr}. Le transport, la mise en place, la fondation, la tuyauterie (eau et gaz) ont coûté ensemble 445^{fr},65, ce qui donnerait un total de 3165^{fr},65. Mais la maison Otto nous a repris, pour 300^{fr}, qui sont par conséquent à déduire de ce total, notre vieux moteur de 2 chevaux, qui était d'un modèle suranné et déjà passablement usé.

Je puis remarquer que l'achat de ce moteur à gaz, qui a pu, comme on le voit, être imputé sur le crédit extraordinaire de 40000^{fr} voté en 1900, n'avait pas été prévu d'abord comme devant faire partie des améliorations que nous nous étions proposé de réaliser au moyen de cette somme. Le Comité avait accordé postérieurement, en vue de cette acquisition, un crédit supplémentaire spécial, pouvant aller à 5000^{fr} (Voir *Proc.-verb. de 1901*, p. 112 et 124), crédit qui n'a donc pas été utilisé et reste disponible. Il convient de dire, par contre, que le mémoire de peinture et vitrerie, dont j'ai parlé dans mon précédent Rapport et qui m'a été remis récemment, est en ce moment soumis à la revision de l'architecte, et, par conséquent, restera encore à solder. Mais, quoique assez élevé, ce mémoire pourra presque sûrement être payé par les ressources du budget ordinaire sur l'exercice courant.

Ainsi, le total des dépenses faites en 1901 sur le crédit extraordinaire voté par le Comité s'est élevé à.....	fr 39770,40
sur lesquels une somme de.....	5000,00
a été, comme on l'a déjà vu, fournie par le Compte I. Il reste donc à inscrire aux dépenses du Compte III une somme de.....	34770,40
qui, ajoutée aux dépenses du budget ordinaire.....	73037,71
donne une dépense totale de.....	107808,11
Comme, ainsi qu'il a été dit plus haut, le total des actifs du Compte III s'est élevé en 1901 à.....	154717,12
on voit qu'il lui est resté à la fin de cet exercice un solde disponible de.....	46909,01

Les recettes qui se sont ajoutées à cet actif, soit	46909,01 ^{fr}
pendant l'année 1902, ont été les suivantes :	
1. Contributions réglementaires pour 1902	98906,00 ^{fr}
c'est-à-dire la somme réglementaire de 100000 ^{fr} diminuée de la contribution non rentrée de la République Ar- gentine (1).....	1094 ^{fr} ,00
2. Contributions arriérées rentrées en 1902.	9936,00
3. Versement anticipé des États-Unis d'Amé- rique.	11953,00
4. Intérêts bonifiés :	
1° Par la Caisse des Dépôts et Con- signations.....	1942,23 ^{fr}
2° Par MM. Sourmais-Carpentier et C ^{ie} (caisse Lécuyer).....	94,20
	<u>2036,43</u>
V. Fourniture d'étalons décimétriques....	600,00
	<u>123431,43</u>
Le total des actifs du Compte III a donc atteint.....	170340,44

Les dépenses de ce Compte sont indiquées dans le Tableau sui-
vant, où elles sont mises en regard des prévisions (V. *Proc.-verb.*
de 1901, p. 112).

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
A. Personnel (Directeur, Directeur- Adjoint, Aides, Mécanicien, Gar- çon de bureau, Personnel auxi- liaire p. études thermométriques.).	48520 ^{fr}	42942,65 ^{fr}		5577,35 ^{fr}
B. Indemnité du Secrétaire.....	6000	6000,00		
A reporter....	<u>54520</u>	<u>48942,65</u>		<u>5577,35</u>

(1) Le Pérou n'a pas non plus versé sa contribution en 1902; mais, con-
formément à la décision de la Conférence générale de 1889, qui autorise le
Comité à faire abstraction provisoirement de tout État qui n'a pas versé ses
contributions depuis plus de trois ans, le Pérou n'a pas été compris dans le
Tableau de répartition des contributions en 1902. On verra plus loin que la
contribution arriérée de la République Argentine a été versée en 1903.

	Prévisions.	Dépenses.	En plus.	En moins.
	fr	fr		fr
Report.....	54520	48942,65		5577,35
C. Frais généraux d'administration :				
1. Entretien des bâtiments, dépenses, mobilier.....	6000	6042,25	fr 42,25	
2. Achat d'instruments et entretien des machines et instruments.....	8000	12811,70	4811,70	
3. Frais d'atelier.....	700	772,95	72,95	
4. Frais de laboratoire et achat de glace.....	2000	2099,35	99,35	
5. Frais de chauffage.....	3000	3614,10	614,10	
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3500	2919,20		580,80
7. Concession d'eau.....	200	86,50		113,50
8. Primes d'assurance.....	350	348,95		1,05
9. Frais de bureau.....	800	910,00	110,00	
10. Bibliothèque.....	1000	956,90		43,10
11. Frais d'impressions et publications.....	14000	2523,25		11476,75
12. Frais de secrétariat.....	1000	54,90		945,10
13. Frais divers et imprévus.....	4930	2330,80		2599,20
	<u>100000</u>	<u>84413,50</u>	<u>5750,35</u>	<u>21336,85</u>
Donc en moins.....				15386,50

L'économie très sensible qui paraît résulter de ce Tableau sur l'ensemble de nos dépenses, par rapport aux prévisions, est plus apparente que réelle; car, comme on le voit, elle porte, en grande partie au moins, sur le compte des *Frais de publications*, et tient à ce que les frais des Mémoires qui doivent composer le Volume XIII des *Travaux et Mémoires*, et dont l'impression est déjà très avancée, n'ont pas encore été réglés. Pour les autres comptes, il s'est produit des compensations. Le seul qui mérite quelques explications est celui qui est sous le titre *Achat d'instruments et entretien des machines et instruments*. Grâce aux économies qui ont été réalisées sur d'autres chapitres, nous avons pu faire entrer dans celui-ci, sans sortir des limites de notre nouveau budget, et même sans les atteindre, quelques dépenses extraordinaires qui avaient été décidées, dans les précédentes sessions, par le Comité, et en vue desquelles avaient été votés des crédits spéciaux. C'est ainsi qu'on a inscrit sur ce chapitre : la restauration de notre balance Rueprecht

n° 1, par M. Rueprecht, qui a coûté 5105^{fr},65; et les appareils commandés à M. Carpentier pour la continuation des études sur la mesure des températures par la variation de la résistance électrique du platine, appareils dont le prix a atteint 4325^{fr}. On y a inscrit également notre règle de 4 mètres, en acier-nickel invar, dégrossie d'abord par la Société de Commeny-Fourehambault et achevée par la Société genevoise.

Si, du total des actifs indiqué plus haut.....	170340,44 ^{fr}
on retranche les dépenses de l'exercice.....	<u>84413,50</u>
on trouve que le Compte III finit l'exercice de 1902	
avec un actif disponible de.....	85926,94

IV. — Caisse de secours et de retraites.

La Caisse de secours et de retraites a été organisée conformément aux décisions prises par le Comité dans les sessions de 1899 et 1901 (*Proc.-verb. de 1899*, p. 133, et de 1901, p. 110). J'ajouterai ici quelques explications sur la manière dont cette organisation a été effectuée.

Le premier capital de cette Caisse devait, d'après ces décisions, se composer de deux parties :

1° Une somme originelle de	25000,00
réservée depuis le commencement de 1896, et restée depuis cette époque à la Caisse des Dépôts et Consignations, où elle a porté intérêt à 2 pour 100 l'an jusqu'au jour où elle en a été retirée. Les intérêts (composés) de cette somme, accumulés jusqu'à la fin de 1900, montaient à.....	<u>2602,02</u>
	27602,02

2° Une proportion de 30 pour 100 sur les sommes qui ont été perçues par la Caisse du Bureau international, à titre de <i>Taxes de vérifications</i> , depuis le commencement de 1896. De 1896 à la fin de 1900, ces sommes ont monté à 10415 ^{fr} ,15, dont les 30 pour 100 donnent.....	<u>3124,54</u>
---	----------------

A la fin de 1900, la Caisse de secours et de retraites avait donc un actif disponible de..... 30726,56
(*Proc.-verb. de 1901*, p. 83).

A reporter.....	<u>30726,56</u>
-----------------	-----------------

Report.....	30726,56 ^{fr}
Pendant l'année 1901, les 27602 ^{fr} ,02 restés déposés à la Caisse des Dépôts et Consignations ont produit un intérêt de.....	552,04
et, en outre, la Caisse de retraites a reçu, ainsi qu'il a été indiqué plus haut, sur les <i>Taxes de vérifications</i> perçues en 1901.....	<u>1000,00</u>

A la fin de l'exercice de 1901, l'actif disponible de ce compte s'est donc élevé à..... 32278,60
 sur lesquels 28154^{fr},06 restaient déposés à la Caisse des Dépôts et Consignations, tandis que 4124^{fr},54 étaient confiés à la caisse du Bureau.

D'après les décisions prises par le Comité dans sa séance du 19 octobre 1901, aux ressources précédentes devaient s'ajouter, à partir du 1^{er} janvier 1902, les retenues de 2 pour 100 faites sur les traitements et indemnités fixes du personnel du Bureau, prévues par l'article 4 du règlement. En même temps, il était décidé que les fonds de la Caisse des retraites seraient placés en fonds d'État.

Conformément à ces décisions, la somme de 28154^{fr},06 a été retirée, le 14 mars 1902, de la Caisse des Dépôts, avec les intérêts, soit..... 117,40
 qu'elle avait rapportés jusqu'à cette date.

Dans le courant de l'exercice de 1902, ce capital s'est accru : 1° des retenues sur les traitements du personnel, montant à..... 742,40
 2° du 30 pour 100 repris sur les taxes de vérifications, montant, comme on l'a déjà vu plus haut, à 1000,00

D'autre part, un premier placement en rentes 3 pour 100 françaises a été fait dès le 14 mars, et les coupons échus jusqu'à la fin de l'année ont donné..... 717,00

Ainsi le total des actifs du Compte IV à la fin de l'exercice de 1902 est de..... 34855,40

Ces actifs se trouvent actuellement représentés par :
 1° 956^{fr} de Rente française 3 pour 100,
 achetée le 14 mars 1902, au cours de 101^{fr},28 ³/₄

et ayant coûté, avec commission, courtage et impôt.....	fr 32342,20
2° 44 ^{fr} de Rente française 3 pour 100, achetée le 8 octobre 1902, au cours de 99 ^{fr} ,975 et ayant coûté, avec commission, courtage et impôt.....	1469,50
	<hr/>
	fr 33811,70
3° Un solde en espèces, en caisse, de.....	1043,70
	<hr/>
	34855,40

Il n'est peut-être pas inutile de remarquer que, une partie de ces actifs étant représentée par des titres, leur valeur est, en réalité, variable entre certaines limites, suivant les cours de ces titres sur le marché. L'avoir réel de la Caisse des retraites, à un moment donné, ne peut donc jamais être indiqué qu'approximativement.

Fonds de réserve.

Le fonds de réserve possédait, au commencement de 1900, un actif disponible (*Proc.-verb.* de 1901, p. 83) de..... 7452,00

Ce fonds, qui n'a à pourvoir à aucune dépense et qui reste déposé à la Caisse des Dépôts et Consignations, s'accroît chaque année des intérêts à 2 pour 100 qu'il rapporte. On a donc :

Intérêts en 1901.....	149,04
Actifs disponibles à la fin de 1901.....	7601,04
Intérêts en 1902.....	152,02
Actifs disponibles à la fin de 1902.....	7753,06

Si l'on met à part le compte de la Caisse de secours et de retraites, qui est entièrement séparé des autres, la vérification générale de toute notre comptabilité résulte, comme toujours, de l'égalité entre la somme des actifs disponibles indiqués pour les quatre autres comptes, et la somme des soldes restant effectivement, au même moment, dans nos trois comptes ordinaires, c'est-à-dire à la Caisse des Dépôts et Consignations, chez nos banquiers, et dans la

caisse du Bureau. Or, en récapitulant les résultats précédemment indiqués, nous avons, à la fin de l'exercice de 1902, les actifs disponibles suivants :

Compte I.....	fr	18185,08
» II.....		31431,45
» III.....		85926,94
» V.....		<u>7753,06</u>
Total.....		143296,53

D'autre part, d'après les relevés officiels qui nous sont fournis, à la fin de l'exercice, par la Caisse des Dépôts et Consignations et par MM. Sourmais-Carpentier et C^{ie}, et d'après nos livres de comptabilité, nous avons, au 31 décembre 1902 :

Solde à la Caisse des Dépôts et Consignations.	fr	124512,80
» chez MM. Sourmais-Carpentier et C ^{ie} ...		6577,30
» dans la caisse du Bureau.....		<u>12206,43</u>
Total égal.....		143296,53

Je compléterai ce compte rendu en y ajoutant les Tableaux des versements qui ont été faits par les États pendant les deux exercices 1901 et 1902.

VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1901.

		Contributions	
		arriérées.	pour 1901.
			fr
Mars	5	Portugal.....	998
»	8	Suisse.....	570
Avril	9	Japon (1900, rectification).....	276
»	9	Japon.....	5723
»	9	États-Unis d'Amérique.....	8319
»	30	Russie (1900).....	8585
Mai	14	Suède.....	998
»	14	Norvège.....	399
Juin	6	Autriche.....	<u>5122</u>
		A reporter.....	8861 22129

		Contributions	
		arriérées.	pour 1901.
		fr	fr
		Report.....	8861 22129
Juin	6	Hongrie.....	3727
»	6	Espagne.....	3594
»	6	Italie.....	6322
»	8	Allemagne.....	10448
Juill.	16	Grande-Bretagne et Irlande.....	5058
»	20	Mexique.....	2529
»	20	Belgique.....	1331
»	22	Roumanie.....	1065
»	24	Danemark (1900).....	133
»	24	Danemark.....	133
Déc.	10	France.....	7720
		8994	64056
		73050	

VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1902.

		Contributions		Versements anticipés.
		arriérées.	pour 1902.	
		fr		
Mars	5	Italie.....	7422	
»	5	Portugal.....	1172	
»	21	Allemagne.....	9199,50	
»	26	Suisse.....	703	
Avril	24	Serbie (1899-1900).....	1351	
Mai	5	Grande-Bretagne et Ir- lande.....	6484	
»	6	France.....	9062	
Juin	5	Danemark.....	156	
»	5	Japon.....	5723	
»	5	Espagne.....	4219	
»	5	Belgique.....	1562	
»	5	Suède.....	1172	
»	5	Norvège.....	469	
»	5	Autriche.....	6016	
		A reporter.....	1351	53359,50

		Contributions		Versements anticipés.
		arriérées.	pour 1902.	
		fr	fr	
	Report	1351	53359,50	
Juin	5 Hongrie		4375	
Juill.	29 États-Unis d'Amérique..		11953	
»	29 États-Unis d'Amérique . .			11953 ^{fr}
Août	9 Mexique.....		2969	
»	23 Japon		1464	
Sept.	23 Russie (1901).....	8585		
»	23 Russie.....		19766	
Oct.	20 Serbie.....		547	
Nov.	21 Roumanie.....		1406	
»	21 Allemagne.....		3066,50	
		<hr/>	<hr/>	
		9936	98906	11953
		<hr/>		
		120795		

Les arriérés de contributions, existant à la fin de l'exercice 1902, se réduisaient aux suivants :

Pérou (1897-1901).....	3541	
Id. (1902).....		1094
République Argentine (1899-1901).	2842	
Id. (1902).....		1094
	<hr/>	<hr/>
	6383	2188

Soit 2188^{fr} sur le dernier exercice et 6383^{fr} sur les exercices antérieurs. Comme on va le voir, les arriérés de la République Argentine sont entièrement rentrés depuis lors.

Nous ne nommons que pour mémoire le Vénézuéla, qui a cessé de verser ses contributions depuis 1885, et dont la dette totale monterait, à la date actuelle, à 8768^{fr}.

Il n'y aurait aucun intérêt à donner des détails sur la comptabilité de l'exercice actuel, qui ne fait guère que commencer, et à propos duquel il n'y aurait, jusqu'à présent, aucune observation à présenter. Je me bornerai à reproduire ici le Tableau des versements qui ont été effectués à notre compte depuis le 1^{er} janvier dernier :

**VERSEMENTS FAITS AU COMPTE DU BUREAU INTERNATIONAL EN 1903,
JUSQU'AU 16 AVRIL.**

			Contributions	
			arriérées.	pour 1903.
				fr
Janv.	6	Suède		1173
»	6	Norvège		469
Mars	2	Japon.....		7187 (1)
»	2	Suisse		782
»	4	Allemagne.....		13214
»	11	Répub. Argentine (1899-1902).	3936	
»	11	République Argentine.....		1095
»	14	Italie.....		7428
»	25	Mexique.....		2971
»	25	Russie.....		19781
			3936	54100
			58036	

En ajoutant aux 54100^{fr} indiqués dans le Tableau les 11953^{fr} (2) versés par anticipation par les États-Unis d'Amérique, dès l'année dernière, on voit qu'il a été versé, sur la contribution de 1903, à la date actuelle, une somme totale de 66053^{fr}. Toutefois, il faudra retrancher de ce total les 1095^{fr} de la contribution de la République Argentine, qui n'avait pas été comprise dans le Tableau de répartition de l'exercice actuel; il y aura lieu d'en tenir compte aux États et de leur rembourser cette somme dans la répartition de l'année prochaine.

(1) Il s'est produit, sur le versement du Japon, une erreur de 6^{fr}, la contribution ayant été payée d'après le Tableau de répartition de l'exercice précédent; la contribution de 1903 est de 7193^{fr}.

(2) Pour la même cause, il y a eu une erreur de 9^{fr} sur ce versement, la contribution pour 1903 étant de 11962^{fr}.

Depuis le moment où le précédent Rapport a été présenté jusqu'à la date actuelle (15 juin 1903), il a été versé à la Caisse des Dépôts et Consignations : le 18 avril, par l'Autriche 6020^{fr}, par la Hongrie 4378^{fr}; le 5 mai, par la France 9070^{fr}, par la Belgique 1564^{fr}; le 15 mai, par le Danemark 156^{fr}; le 22 mai, par le Portugal 1173^{fr}; le 3 juin, par la Grande-Bretagne, 6490^{fr}.

COMPTES DE 1901.

RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	fr 18617,38
Recettes des taxes de vérifications.....	<u>2465,00</u>
Balance.....	<u>21082,38</u>

COMPTES DE 1901.

RECETTES.

II. Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	fr 31431,45
Balance.....	<u>31431,45</u>

COMPTES DE 1901.

DÉPENSES.

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

Versé au Compte III.....	fr 5000,00
Solde des actifs à la fin de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	<u>16082,38</u>
Balance.....	<u>21082,38</u>

COMPTES DE 1901.

DÉPENSES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Solde des actifs à la fin de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>31431,45</u>
Balance.....	<u>31'31 45</u>

COMPTES DE 1901.

RECETTES.

III. — Frais annuels.

Actifs au commencement de 1901 :

Arriérés de contributions non rentrées :	fr	
Confédération Argentine, 1899-1900.....	1910,00	
Danemark, 1900.....	133,00	
Pérou, 1897-1898-1899-1900.....	2609,00	
Russie, 1900.....	8585,00	
Serbie, 1899-1900.....	885,00	
	<hr/>	
Japon (erreur sur le versement de sa contribution).....	276,00	fr 14122,00
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1900 .	5206,00	
Actifs disponibles.....	75835,05	fr 95439,05
		<hr/>
Contributions réglementaires pour 1901.....		75000,00
Intérêts bonifiés		2232,07
Fourniture d'étalons décimétriques.....		3600,00
Contribution réglementaire demandée au Vénézuéla pour 1901.....		466,00
Versé par le Compte I.....		<hr/> 5000,00

Balance..... 181737,12

COMPTES DE 1901.

DÉPENSES.

III. — Frais annuels.

A. — <i>Personnel</i> (Directeur, Adjoint, Aides, Mécanicien, Garçon de bureau, Concierge).....	fr 40234,50
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i>	6000,00
C. — <i>Frais généraux d'administration.</i>	fr
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.	4728,35
2. Entretien des machines.....	64,50
3. Entretien des instruments.....	1442,45
4. Frais d'atelier.....	415,15
5. Frais de laboratoire.....	427,90
6. Achat de glace.....	57,25
7. Frais de chauffage.....	2983,30
8. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	3748,05
9. Concession d'eau.....	93,35
10. Primes d'assurances.....	348,95
11. Frais de bureau.....	859,30
12. Bibliothèque.....	623,00
13. Frais d'impressions et publications.....	8307,60
14. Frais de secrétariat.....	250,00
15. Frais divers et imprévus.....	2454,06
	<hr/> 26803,21
	fr 73037,71
Réparations et améliorations faites sur crédits spéciaux.....	39770,40
Rendu à la Suisse (excédent de versement sur la contribution de 1900).....	29,00
Solde des actifs à la fin de l'année 1901 :	
Arriérés de contributions non rentrées :	fr
Confédération Argentine, 1899-1901.....	2842,00
Pérou, 1897-1901.....	3541,00
Russie, 1901.....	8585,00
Serbie, 1899-1901.....	1351,00
	<hr/> fr 16319,00
Arriérés des contributions du Vénézuéla pour 1890-1901...	5672,00
Actifs disponibles.....	46909,01
	<hr/> 68900,01
Balance	<hr/> 181737,12

COMPTES DE 1901.

RECETTES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Actifs au commencement de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	fr 30726,56
Intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	552,04
Taxes de vérifications.....	1000,00
	<hr/>
Balance.....	32278,60
	<hr/>

COMPTES DE 1901.

RECETTES.

V. — Fonds de réserve.

Actifs au commencement de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	fr 7452,00
Intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations.....	149,04
	<hr/>
Balance.....	7601,04
	<hr/>

COMPTES DE 1901.

DÉPENSES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Solde des actifs à la fin de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>32278,60</u>
Balance	<u>32278,60</u>

COMPTES DE 1901.

DÉPENSES.

V. — Fonds de réserve.

Solde des actifs à la fin de l'année 1901 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>7601,04</u>
Balance.....	<u>7601,04</u>

COMPTES DE 1902.

RECETTES.

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

Actifs au commencement de l'année 1902 :	fr
Actifs disponibles.....	16082,38
Recettes des taxes de vérifications.....	2102,70
	<hr/>
Balance.....	18185,08
	<hr/>

COMPTES DE 1902.

RECETTES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Actifs au commencement de l'année 1902 :	fr
Actifs disponibles.....	31431,45
	<hr/>
Balance.....	31431,45
	<hr/>

COMPTES DE 1902.

DÉPENSES.

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

Solde des actifs à la fin de l'année 1902 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>18185,08</u>
Balance.....	<u>18185,08</u>

COMPTES DE 1902.

DÉPENSES.

II. — Frais des étalons et témoins internationaux.

Solde des actifs à la fin de l'année 1902 :	
Actifs disponibles.....	fr <u>31431,45</u>
Balance.....	<u>31431,45</u>

COMPTES DE 1902.

RECETTES.

III. — Frais annuels.

Actifs au commencement de l'année 1902 :

Arriérés de contributions non rentrées :	fr	
République Argentine, 1899-1901.....	2842,00	
Pérou, 1897-1901.....	3541,00	
Russie, 1901.....	8585,00	
Serbie, 1899-1901.....	1351,00	
		fr
Arriérés des contributions du Vénézuéla, 1899-1901.....	5672,00	16319,00
Actifs disponibles.....	46909,01	<u>68900,01</u>
		fr

Contributions réglementaires pour 1902.....	100000,00
Intérêts bonifiés.....	2036,43
Fourniture d'étalons décimétriques.....	600,00
Contributions réglementaires demandées au Vénézuéla pour 1902.....	547,00
Contributions réglementaires demandées au Pérou pour 1902.....	1094,00
Versement anticipé des États-Unis d'Amérique.....	<u>11953,00</u>

Balance..... 185130,44

COMPTES DE 1902.

DÉPENSES.

III. — Frais annuels.

A. — <i>Personnel</i> : (Directeur, Directeur-adjoint, Aides, Mécanicien, Garçon de bureau, personnel auxiliaire).....	fr 42942,65
B. — <i>Indemnité du Secrétaire</i>	6000,00
C. — <i>Frais généraux d'administration</i> .	
1. Entretien des bâtiments, dépendances, mobilier, etc.	fr 6042,25
2. Machines, appareils, entretien des instruments. . .	12811,70
3. Frais d'atelier.....	772,95
4. Frais de laboratoire.....	2099,35
5. Frais de chauffage.....	3614,10
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.	2919,20
7. Concession d'eau.....	86,50
8. Primes d'assurance.....	348,95
9. Frais de bureau.....	910,00
10. Bibliothèque.....	956,90
11. Frais d'impressions et publications.....	2523,25
12. Frais de secrétariat.....	54,90
13. Frais divers et imprévus.....	2330,80
	<hr/>
	35470,85
	fr 84413,50
Solde des actifs à la fin de l'année 1902 :	
Arriérés de contributions non rentrées :	
République Argentine, 1899-1902.....	3936,00
Pérou, 1897-1902.....	4635,00
	<hr/>
	8571,00
Arriérés des contributions du Vénézuéla, 1890-1902.....	6219,00
Actifs disponibles.....	85926,94
	<hr/>
	100716,94
Balance.....	fr <hr/> 185130,44

COMPTES DE 1902.

RECETTES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Actifs au commencement de l'année 1902 :		fr
Actifs disponibles.....		32278,60
Intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations au 14 mars		
1902.....	fr	117,40
Taxes de vérifications.....		1000,00
Retenues sur les traitements.....		742,40
Intérêts du capital placé.....		<u>717,00</u>
		2576,80
Balance.....		<u>34855,40</u>

COMPTES DE 1902.

RECETTES.

V. — Fonds de réserve.

Actifs au commencement de l'année 1902 :		fr
Actifs disponibles.....		7601,04
Intérêts bonifiés par la Caisse des Dépôts et Consignations.....		<u>152,02</u>
Balance.....		<u>7753,06</u>

COMPTES DE 1902.

DÉPENSES.

IV. — Caisse de secours et de retraites.

Solde des actifs à la fin de l'année 1902 :	
Capital placé en rentes 3 % françaises (prix d'achat).....	fr 33811,70
Solde en espèces, en caisse.....	<u>1043,70</u>

Balance..... 34855,40

COMPTES DE 1902.

DÉPENSES.

V. — Fonds de réserve.

Solde des actifs à la fin de l'année 1902 :	
Actifs disponibles ..	fr <u>7753,06</u>

Balance..... 7753,06

V. — TRAVAUX.

Je rendrai compte en premier lieu des travaux qui, exigeant par leur nature une collaboration plus ou moins étendue, ont occupé d'une façon générale tout le personnel du Bureau. Ces travaux sont principalement ceux qui se rapportent aux applications géodésiques.

Nous avons à Breteuil, depuis déjà quelque temps, ainsi que je l'ai dit dans mon précédent Rapport, une règle géodésique appartenant à la Direction générale des Arpentages d'Égypte, qui nous avait été envoyée pour en faire l'étude complète. Cette règle, construite par la maison Brunner, est un appareil bimétallique exactement semblable à celui de l'Institut géographique d'Espagne et aussi, à quelques détails de construction près, à ceux des Services géographiques de France et d'Allemagne. Lorsque, il y a dix-sept ans environ, nous avons fait au Bureau la détermination des premiers appareils de ce genre qui nous aient été soumis, nous avons tâché de copier aussi exactement que possible les procédés d'expérimentation que nous avons adoptés pour les prototypes fondamentaux en platine iridié. Nous avons fait ainsi, à cette époque et postérieurement, sur les règles géodésiques de France, d'Allemagne et d'Espagne, un certain nombre de séries, ces règles étant immergées dans une solution d'un sel alcalin, liquide qui, après divers essais très laborieux, nous avait paru préférable à tout autre, l'eau pure étant dans ce cas, exclue, parce qu'elle eût attaqué presque immédiatement et profondément détérioré les nombreuses pièces de fer ou d'acier qui entrent dans la construction de ces instruments. Cette immersion dans un liquide (que nous pratiquons constamment dans les études des prototypes en platine ou des étalons en nickel ou acier-nickel) a l'avantage de donner une incomparable garantie au point de vue de l'exactitude des mesures des températures. Il a aussi celui de permettre de passer dans un temps relativement court (en quelques semaines) par plusieurs températures, entre des limites assez étendues, en chauffant ou refroidissant artificiellement le bain où plongent les règles. Par contre, il a le grave inconvénient, avec des appareils d'une structure compliquée et délicate, dans la constitution desquels entrent de nombreuses pièces qui doivent être très exactement ajustées, tout en permettant des glissements absolument libres des règles sur leurs supports ou entre leurs guides, d'en-

crasser ces divers organes, dont le nettoyage parfait est ensuite très difficile, sinon impossible, sans un démontage et un remontage complets, qui annuleraient la valeur de l'étude faite. L'alcalinité du bain n'est d'ailleurs qu'un palliatif, qui ne réussit souvent qu'imparfaitement à empêcher les pièces oxydables d'être attaquées plus ou moins profondément. Malgré tous nos soins et les précautions que nous avons prises, nous avons eu, à ces divers points de vue, dans certaines de nos opérations, des déboires assez sérieux pour que nous ayons cru devoir renoncer, depuis lors, à immerger les instruments de ce genre dans un liquide. Les opérations sont alors faites simplement dans l'air.

L'infériorité de ce dernier procédé réside évidemment dans l'incertitude notablement plus grande de la mesure de la vraie température de la règle par les thermomètres placés à côté d'elle. Nous nous sommes efforcés d'y remédier en modifiant et améliorant les dispositions de notre comparateur, de manière à y assurer autant que possible la constance et l'uniformité de cette température. Nous l'avons fermé plus complètement, et muni d'une double épaisseur de couvercles. Toutefois les conditions nécessaires ne sauraient être réalisées d'une façon suffisante, même avec ces perfectionnements, qu'en opérant à la température ambiante, telle qu'elle nous est fournie à un moment donné par les circonstances climatiques extérieures. Cette température change avec une extrême lenteur dans nos salles d'observation, et plus encore dans les boîtes d'un comparateur soigneusement fermé. Mais il en résulte que nous ne pouvons alors déterminer la dilatation d'une règle de ce genre que par des comparaisons, reprises à diverses époques, convenablement espacées et réparties sur une période de temps assez considérable, comprenant au moins un été et un hiver. Même dans ces conditions, l'intervalle total des températures sur lequel nous pouvons étendre nos mesures reste toujours notablement plus petit que celui qu'on peut se donner par l'échauffement ou le refroidissement artificiel d'un bain; et, dans l'application sur le terrain, on pourra être conduit, surtout sous des climats extrêmes, à se servir de valeurs un peu extrapolées par rapport à celles qui sont sorties directement de nos expériences. Il ne nous semble pas toutefois qu'il en puisse résulter d'erreurs sensibles, dans les limites de la précision qui est ici requise.

Nous avons donc fait l'étude de la Règle égyptienne par ce dernier procédé. Elle est restée dans le comparateur pendant plusieurs mois, depuis le milieu de l'été de 1901 jusqu'au milieu du dernier

hiver. Pendant cette période, nous avons fait, MM. Guillaume, Maudet, Tarrade et moi, 20 séries représentant 80 comparaisons, à diverses températures, entre les sections successives de la Règle de platine et notre Prototype n° 26, et en outre, 30 séries de comparaisons entre la Règle platine et la Règle laiton : ensemble suffisant pour fournir avec l'exactitude désirable à la fois les équations des deux règles à 0°, et leurs dilatations.

Mais des circonstances fortuites nous ont permis, en outre, de nous assurer des contrôles et d'accroître d'une manière importante la valeur et l'intérêt de cette détermination. Nous nous sommes trouvés, en effet, avoir entre nos mains, en même temps que la Règle égyptienne, d'autres règles géodésiques, dont j'ai maintenant à parler, et dont la présence simultanée à Breteuil nous a conduits à augmenter considérablement l'étendue des études que nous avions d'abord prévues.

J'ai dit dans mon précédent Rapport que la Règle bimétallique de l'appareil de base du Service géographique français avait été étalonnée ici, en mars 1901, avec le concours de deux officiers du service, le capitaine Lacombe et le lieutenant Perrier, au moment où elle allait être transportée dans la République de l'Équateur, pour y être employée par la mission française, qui est actuellement occupée à y refaire la mesure du fameux arc de méridien de Bouguer et La Condamine. Cette règle a servi, en effet, à la mission, pour la mesure de la base de Riobamba; elle a été ensuite rapportée en France par le commandant Bourgeois, chef de la mission, et est revenue à Breteuil en janvier dernier pour y être soumise à un nouvel étalonnage; celui-ci a été, en effet, exécuté, par nos méthodes ordinaires, par MM. Maudet, Tarrade et moi, avec le concours de deux officiers du Service géographique, les capitaines Prévost et Aubertin.

Vers la même époque, nous recevions également, à la suite d'une demande qui nous avait été adressée par la Légation de Suède et Norvège à Paris, la Règle appartenant à l'Académie des Sciences de Stockholm, qui vient d'être employée comme étalon fondamental dans les mesures géodésiques exécutées pendant les trois dernières années, au Spitzberg, par une mission russo-suédoise. Cet appareil est une règle monométallique en fer, qui avait été construite, sous la direction du D^r Broch, il y a une quinzaine d'années, en même temps que deux autres semblables, dont l'une appar-

tient à la Norvège et l'autre à la République Argentine. Elle a une section en forme de T, et elle est tracée, à ses deux extrémités seulement, sur des mouches en platine incrustées dans une portion de la nervure médiane découverte par une coupe pratiquée sur les deux ailes, qui met le plan des fibres neutres à découvert. Ces trois règles avaient été déjà étudiées à cette époque par le Bureau. Nous avons pu comparer cette règle aux deux précédentes.

Ainsi, avec la Règle égyptienne, avec la Règle du Service géographique français qui a mesuré les bases de notre méridienne et revient d'une campagne dans l'Équateur, et avec la Règle suédoise qui revient d'une campagne au Spitzberg, le hasard a mis simultanément entre nos mains des appareils ayant servi ou devant servir de points de départ à des triangulations sous les latitudes les plus diverses, presque depuis le pôle jusqu'à l'équateur. Non seulement nous avons étalonné individuellement celles de ces règles comportant une détermination directe; mais, en outre, nous les avons comparées entre elles dans toutes les combinaisons. Ce n'est pas tout encore. Nous avons en effet maintenant, en plus, les trois nouvelles règles de notre modèle, en acier nickel invar, à section en H, qui, ainsi que je l'ai dit plus haut, nous ont été envoyées il y a quelques semaines; l'une appartenant à notre Bureau, la deuxième au Service géographique français, la troisième au Service géographique mexicain. L'étude de ces nouvelles règles est commencée, et actuellement en cours d'exécution; l'étalonnage de la nouvelle Règle française, qui a été fait encore avec la collaboration des capitaines Prévost et Aubertin, est même terminé. Ces trois règles seront ensuite comparées entre elles et avec les précédentes, à l'exception cependant de la Règle égyptienne, dont le capitaine Lyons, directeur général des Arpentages d'Égypte, a demandé le renvoi, et qui lui a été en effet retournée dans la première quinzaine de janvier. De tout cet ensemble de mesures résultera, quand il sera terminé, une énorme quantité de documents, qui, non seulement fourniront de très nombreux contrôles utiles pour la détermination individuelle de chacun des appareils soumis à l'étude et de sérieuses garanties d'exactitude, mais encore auront pour effet d'introduire une homogénéité, une unité précieuse dans la géodésie générale du globe terrestre, dans ses parties les plus diverses et les plus éloignées.

Les réductions approximatives qui sont faites au fur et à mesure des expériences permettent de s'assurer que celles-ci marchent régulièrement et que les vérifications se font d'une façon satisfai-

sante. Les résultats définitifs ne pourront être donnés qu'après l'achèvement de tout le travail, qui prendra encore beaucoup de temps.

Les applications de la Métrologie à la Géodésie ont encore occupé le Bureau dans une autre direction. Je veux parler de la suite des études que nous avons faites, pour répondre à la mission que nous a confiée l'Association géodésique internationale, sur la méthode de mesure des bases par des fils tendus sous tension constante. Comme la question me paraît assez intéressante, je rendrai compte avec quelques détails de ce qui a été fait ici à ce sujet, et des résultats auxquels nous sommes arrivés.

Les travaux relatifs à l'étude des fils nous ont occupés d'une façon assez continue, par les perfectionnements que nous avons apportés à nos installations, par les déterminations hebdomadaires de la valeur de nos fils rapportés à notre base murale, par les nombreuses déterminations d'autres fils qui nous ont été demandées par plusieurs services géodésiques, enfin par les recherches spéciales auxquelles certains de nos fils ont donné lieu.

Parmi les modifications ou additions apportées aux appareils accessoires de notre base, je mentionnerai essentiellement l'installation de deux projecteurs éclairant à la fois les repères et les réglettes, celle de six thermomètres engagés dans des massifs en ciment appliqués contre le mur, et la nouvelle organisation des poulies terminales, qui ont été montées sur des roulements à billes, de manière à atténuer l'effet des frottements sur les axes. Avec les anciennes poulies, cet effet, sans être notable, était cependant sensible, et pouvait être constaté par une très petite différence dans la valeur trouvée pour le fil, suivant que le déplacement longitudinal avant chaque lecture était obtenu en agissant sur la réglette située à l'extrémité vers laquelle se produit le mouvement, ou sur la réglette opposée. Si l'on considère que, pour un fil de 24^m, une variation de 100^g dans la tension, qui est normalement de 10^{kg}, produit une variation apparente de longueur de 0^{mm}, 1, on comprendra qu'il y ait un certain intérêt à réduire les frottements au minimum possible, si l'on veut tirer des mesures par les fils tout ce qu'elles peuvent donner.

Lorsque les frottements sont sensibles, on élimine aussi bien que possible leur effet sur les mesures en déplaçant le fil alternativement

par les deux extrémités, et il semble que, dans l'emploi des appareils que nous avons construits pour les mesures en campagne, et dont je parlerai ultérieurement, il soit facile d'y arriver, au moins lorsque les mesures sont faites à l'aide d'un fil de 24^m. Mais l'effet du frottement, qui est cinq fois plus fort pour un fil de 48^m, rend les mesures au moyen de ce dernier beaucoup plus incertaines, ce qui oblige à faire alors un grand nombre de lectures, systématiquement organisées de manière à éliminer l'effet des frottements.

J'ai donné, dans mon précédent rapport, les résultats de la première détermination de notre base au moyen d'une règle géodésique de 4^m en acier-nickel. Nous avons profité de ce qu'une semblable règle nous avait été envoyée dans le courant de l'été dernier, entre son dégrossissage aux aciéries d'Imphy et son achèvement par la Société genevoise, pour faire une nouvelle mesure des distances respectives de nos repères. Nous aurions désiré pouvoir répéter encore cette mesure dans le courant de l'hiver; mais nous ne possédions à cette époque aucune règle propre à nous permettre cette détermination. La règle en invar du Bureau nous donnera la possibilité de faire cette mesure aussi souvent que nous le jugerons à propos, dès que nous l'aurons munie des traits nécessaires à cette opération.

La disposition des repères de notre base exige que la longueur à laquelle leur distance est rapportée soit définie par des traits tracés sur le bord supérieur d'une règle, dont la face divisée est placée verticalement pour la mesure. L'extrémité des traits que l'on utilise est donc située sensiblement au-dessus du plan des fibres neutres; et comme la règle est placée, pour ces mesures, sur des supports rendant minima la flèche totale, les extrémités de la règle sont très légèrement inclinées vers l'extérieur, et la distance des traits est un peu supérieure à la distance que l'on trouverait dans le plan des fibres neutres. Il est vrai que, dans la détermination de sa longueur au comparateur, la règle est supportée par les mêmes points que dans son emploi sur la base; mais la face tracée est alors horizontale, et l'inclinaison des extrémités peut être légèrement différente dans les deux cas, en raison de la différence des moments d'inertie de la section par rapport à deux axes rectangulaires. Nous n'avions pas tenu compte de cette circonstance dans nos premières mesures; dans celles que je vais rapporter, pour éviter toute correction dont la valeur ne fût pas parfaitement connue, nous avons préféré

éliminer une erreur possible en employant la règle successivement dans deux directions rectangulaires. Dans ces conditions, le sens de la différence des inclinaisons alterne dans la détermination de l'éta- lon et dans son emploi sur la base, et l'erreur possible dans chaque détermination est annulée dans la moyenne.

Les mesures ont été rapportées à deux groupes de deux traits sur chaque face. Nous les avons faites, M. Guillaume et moi, en répétant, pour chaque intervalle de deux repères de la base, les mêmes observations après avoir échangé nos places respectives aux deux extrémités de la règle. J'ai déterminé ultérieurement, avec MM. Maudet et Tarrade, le mètre complémentaire portant à 25^m la longueur totale mesurée.

Le résumé de ces mesures, faites du 18 au 20 juillet 1902, est donné ci-après :

Position de la règle.	Valeur de la base à 16°.
	^m
I, traits 2-4	24,002 628
I, » 1-3	24,002 620
II, « 2-4	24,002 637
II, » 1-3	24,002 630
Moyenne	24,002 629
Mètre supplémentaire.	0,999 941
Longueur totale	25,002 570

Nous pouvons donc admettre, pour l'époque de la mesure, des corrections respectives de +2^{mm},63 et +2^{mm},57, pour les bases de 24^m et de 25^m, toutes les observations étant réduites à 16°.

Il semble, d'après la concordance de nos mesures, que la valeur de la base ait pu être ainsi déterminée avec une exactitude de l'ordre de 0^{mm},02.

A l'époque de la dernière session du Comité, les comparaisons des fils avec la base murale étaient encore peu nombreuses, et avaient toutes été faites dans un intervalle de température très restreint. La seule conclusion qu'il fût alors possible de tirer de nos mesures était que la longueur relative de la base et des fils était restée pratiquement constante. Mais l'abaissement graduel de la température au début de l'hiver qui suivit, nous permit bientôt de constater un

changement progressif dans l'équation relative des deux longueurs définies par la distance des repères extrêmes et par la moyenne des six fils employés pour nos études. Nous avons déjà signalé cette variation dans la Note que nous avons présentée, M. Guillaume et moi, à la Conférence générale de 1901, et dont nous avons pu étendre les conclusions jusqu'à l'époque de l'impression définitive des Comptes rendus de la Conférence au Tome XII des *Travaux et Mémoires*, c'est-à-dire jusqu'à la fin de novembre de la même année, alors que la température avait déjà baissé de plus de 7 degrés. En traçant la courbe des températures dans le sous-sol de l'Observatoire et en mettant en regard la courbe représentant les différences trouvées entre la valeur brute de la base et la longueur moyenne des fils réduite à la même température, nous avons pu constater un évident parallélisme des courbes; et nous en avons déduit, comme conclusion probable, confirmée par toutes les mesures ultérieures, le fait que le mur portant les repères se dilate et se contracte à peu près comme un solide homogène, et, en tous cas, d'une façon très régulière. Nous en avons déduit la possibilité de calculer, au moins pour un temps limité, la valeur de notre base, connaissant simplement la température du mur. C'est pour cette raison que nous avons cru devoir déterminer cette température avec plus de soin que nous ne l'avions fait dans nos mesures préliminaires, et que nous avons pourvu la base de thermomètres étudiés, protégés par le mur lui-même.

S'il s'agissait d'un intervalle de temps étendu, il serait évidemment très imprudent de s'en tenir à un procédé aussi sommaire; mais alors la longueur définie par l'ensemble des fils peut être considérée comme présentant plus de garantie, ainsi que je vais le montrer.

Dans mon précédent rapport, j'ai déjà fait observer que l'ensemble des fils donnait des valeurs relatives assez concordantes pour la base, mais cependant avec des écarts individuels qui semblaient dépasser un peu les limites des erreurs d'observation. La suite des mesures nous a montré que certains de ces écarts étaient systématiques, et que notamment les deux fils de l'alliage à moyenne dilatation s'écartaient progressivement des valeurs fournies par les quatre autres fils. Une variation relative dans quelques-uns des fils paraissant bien certaine, les valeurs déduites de leurs moyennes semblaient donner peu de sécurité. En discutant toutes les circonstances de la préparation des fils, nous avons cependant cru pou-

voir mettre hors de doute la cause des divergences constatées, et écarter les résultats donnés par les fils soupçonnés de changement dans le cours du temps.

On sait que les aciers au nickel, au moins entre certaines limites de la teneur en nickel, n'arrivent à un état moléculaire stable que lorsqu'ils ont subi un long étuvage à des températures graduellement décroissantes. Tel est, par exemple, le cas de l'alliage le moins dilatable, et, dans une certaine mesure, celui de l'alliage très dilatable. Les alliages à moyenne dilatation, au contraire, dont la teneur est voisine de 45 pour 100 de nickel, sont remarquablement stables; les règles forgées, fabriquées avec ces alliages, arrivent à leur longueur définitive après un étuvage très sommaire. Partant de ces faits, nous avons soumis, avant leur ajustage définitif, les fils des alliages peu dilatable et très dilatable à une longue préparation thermique, tandis que ceux de l'alliage de dilatation moyenne n'avaient subi qu'une préparation de courte durée. Or, comme l'ont montré des expériences faites sur des barres étirées au banc, ce dernier alliage, lorsqu'il a subi un écrouissage énergique, a une tendance marquée à des déformations ultérieures, tendance que l'on n'arrive à supprimer que par un traitement thermique approprié. Nos fils à moyenne dilatation étaient donc d'une médiocre stabilité, et nous n'avons pas hésité à exclure des moyennes les valeurs qu'ils ont fournies dans les premiers mois de leur emploi. D'ailleurs, par suite d'un accident survenu en décembre 1901, l'un de ces fils a été mis hors d'usage et a été remplacé depuis par un fil du même alliage parfaitement étuvé.

Un peu plus tard, en mai 1902, l'un des fils de l'alliage très dilatable, progressivement rongé par des traces d'acide restées adhérentes après le soudage d'une des réglettes, et, de plus, constamment exposé à l'air souvent humide du sous-sol de notre observatoire, se rompit, et dut être remplacé à son tour. La liaison entre les mesures directes de la base murale faites en 1901 et 1902, n'a donc pu être opérée que par trois fils, de la permanence desquels nous puissions être en quelque mesure assurés.

Ainsi que je l'ai indiqué dans mon dernier rapport, la première mesure de la base nous avait conduits à admettre la valeur $24^m,00221$ à une température que nous avons estimée être de $16^{\circ},5$; ce qui pourrait faire croire, à première vue (*voir* p. 50), à un changement de $0^{\text{mm}},42$ dans la distance des repères extrêmes. Mais, si l'on admet que, dans l'intervalle des deux mesures, la valeur

moyenne des trois fils ayant servi à faire la liaison n'a pas changé, et si l'on adopte l'équation relative de la base et de ces fils pour les époques des mesures, on déduit de la première détermination, ramenée à l'époque de la seconde, la valeur $24^m,002\ 41$, inférieure de $0^{\text{mm}},22$ à celle qui a été trouvée directement.

Une telle différence, qui excède certainement la somme des erreurs d'observation de la moyenne des fils aux deux époques des mesures de la base, pourrait donner à penser que les fils se sont raccourcis, en moyenne, d'une quantité de l'ordre de $0^{\text{mm}},2$. Cependant, cette conclusion ne me paraît pas certaine. En effet, outre la possibilité d'expliquer une partie de cet écart par des erreurs d'observation, il ne faut pas oublier que notre première mesure de la base avait été faite dans des conditions assez imparfaites, au moyen d'une règle présentant des torsions marquées, et dont la détermination au comparateur avait été difficile. De plus, comme, à cette époque, nous étions loin de penser que la muraille portant les repères pût être considérée comme une sorte d'étalon se dilatant à la manière d'un corps approximativement homogène, nous n'avions pas cru devoir mesurer sa température avec précision. Nous nous étions bornés à lire des thermomètres appliqués contre le mur et qui, soumis à l'action directe des observateurs, ont pu donner une température trop élevée.

Ma conclusion la plus probable serait donc que, d'une part, notre première mesure de la base a pu être entachée d'une petite erreur négative, et que, d'autre part, la distance des repères extrêmes a un peu augmenté dans le cours d'une année, ce qui ne doit pas nous surprendre, le mur ayant été rejointé peu de temps avant notre première mesure; toutefois j'indique ce résultat sous toutes réserves, et comme une simple conjecture.

Mais, si même les expériences faites dans la première année ne nous ont pas permis des conclusions très sûres au point de vue de la valeur exacte à attribuer à la base ou aux fils à une époque quelconque de cet intervalle de temps, elles sont loin d'avoir été infructueuses; elles nous ont permis de perfectionner sans cesse les appareils et les méthodes de mesure; de découvrir, au moins pour un temps limité, la permanence de dimensions de notre muraille, et de nous en servir dès lors comme d'un étalon transitoire; de constater certains défauts dans la fabrication des fils eux-mêmes, ce qui nous a conduits ultérieurement à en perfectionner la construction, soit

pour nous, soit pour les Services géodésiques qui nous ont chargés de fournir aux constructeurs des indications précises en vue de leur fabrication; mais, par-dessus tout, elles nous ont donné une grande pratique du maniement des fils, et nous ont préparés à aborder dans de bonnes conditions les travaux de la deuxième année.

A partir de la seconde mesure de notre base, nos conclusions ont pu prendre un caractère plus définitif. Peu avant cette époque, nous avons doublé notre première série de six fils par six autres fils, des mêmes alliages, mais d'une construction plus soignée, munies de réglottes mieux faites, plus légères et plus maniables. Nous avons considéré dès lors l'ensemble de ces douze fils comme constituant, par leur moyenne ramenée à une température fixe, un témoin invariable de la longueur de notre base, à laquelle nous avons continué à les comparer une fois par semaine.

Il est intéressant de suivre ces observations pendant un intervalle de temps assez prolongé; je rapporterai donc les résultats moyens des mesures faites depuis la mise en service des nouveaux fils jusqu'au commencement de novembre de l'année dernière, époque à laquelle se place une opération sur laquelle je reviendrai ultérieurement, et m'oblige à arrêter là mes premières conclusions.

Dans le Tableau suivant, les observations sont groupées de deux façons différentes: les trois premières colonnes de résultats des comparaisons avec la base contiennent les moyennes obtenues avec les quatre fils A (alliage à faible dilatation), B (dilatation moyenne), C (forte dilatation). Dans les deux dernières colonnes, on a réuni les nombres obtenus avec les fils des trois alliages construits en 1901 (dont deux avaient été remplacés), et avec les fils de la série construite en 1902.

Date. 1902.	Tem- pérature.	Moyenne des quatre fils.			Moyenne des six fils.	
		Base—A.	— B.	— C.	anciens.	nou- veaux.
		mm	mm	mm	mm	mm
7 juin...	12,61	+1,12	+0,58	+0,02	+0,21	+0,91
14 » ...	12,42	+1,07	+0,58	+0,02	+0,25	+0,86
21 » ...	12,57	+1,08	+0,57	+0,06	+0,21	+0,92
28 » ...	13,99	+1,41	+0,79	+0,34	+0,51	+1,18
5 juill...	14,48	+1,40	+0,91	+0,40	+0,57	+1,25
12 » ...	15,42	+1,55	+0,98	+0,47	+0,68	+1,33
19 » ...	15,79	+1,59	+1,02	+0,57	+0,71	+1,41
26 » ...	14,92	+1,50	+0,95	+0,39	+0,59	+1,30
2 août...	14,77	+1,40	+0,87	+0,44	+0,57	+1,24
9 » ...	15,29	+1,57	+1,05	+0,60	+0,83	+1,31
16 » ...	14,95	+1,52	+0,98	+0,48	+0,68	+1,31
25 » ...	15,18	+1,55	+1,02	+0,63	+0,76	+1,37
1 ^{er} sept...	15,32	+1,55	+1,00	+0,48	+0,67	+1,36
6 » ...	15,68	+1,62	+1,10	+0,60	+0,77	+1,45
13 » ...	15,41	+1,52	+1,02	+0,54	+0,68	+1,37
20 » ...	13,98	+1,36	+0,92	+0,32	+0,50	+1,23
27 » ...	14,32	+1,42	+0,92	+0,36	+0,54	+1,26
4 oct....	13,81	+1,30	+0,86	+0,40	+0,51	+1,20
11 »	13,24	+1,26	+0,81	+0,28	+0,44	+1,12
18 » ...	13,02	+1,14	+0,77	+0,22	+0,32	+1,10
25 »	12,65	+1,05	+0,62	+0,07	+0,23	+0,93
31 »	12,00	+0,99	+0,60	+0,02	+0,16	+0,92
8 nov...	11,72	+1,00	+0,62	0,00	+0,17	+0,90
15 » ...	11,23	+0,92	+0,53	-0,10	+0,08	+0,83

L'examen de ce Tableau fait ressortir immédiatement quelques résultats sur lesquels il convient de s'arrêter.

En premier lieu, on constate le parallélisme déjà signalé entre les variations de la température et les différences trouvées entre les fils et la base; ces mouvements présentent non seulement, en effet, une allure générale semblable, mais même les petites variations accidentelles sont exactement simultanées. Ainsi, par exemple, les observations des 26 juillet et 2 août ont été faites à des températures qui sont de quelques dixièmes de degré inférieures à celles

des jours qui les encadrent; et, comme conséquence, la base se trouve être plus courte d'une quantité de l'ordre du dixième de millimètre.

D'autre part, lorsqu'on repasse par les mêmes températures, les équations relatives se retrouvent avec une remarquable constance. Ainsi, le 25 octobre, la température était à peu près la même qu'au premier jour des mesures. L'équation relative des fils et de la base revient à sa valeur initiale à $\frac{2}{100}$ de millimètre près, ce très petit écart étant même dans le sens indiqué par la différence de la température à ces deux époques.

Si, maintenant, nous examinons le détail des résultats obtenus avec les divers groupes de fils, nous constatons, avec une concordance générale des mouvements relatifs rapportés à la base, de petites différences d'une allure systématique, qui pourraient faire croire que les fils des divers alliages ont éprouvé, dans le cours du temps, de faibles variations dans les deux sens. L'écart est surtout appréciable dans l'équation des fils A et B; si des observations poursuivies pendant un temps prolongé mettaient une telle variation hors de doute, on pourrait, je crois, l'attribuer en grande partie, au fait que les fils B, déjà suspectés à cause d'un défaut de préparation thermique, ont pu subir une variation par la raison que cet alliage est relativement peu rigide, et aussi parce que le fil que nous avons employé avait été enroulé, dans l'usine, sur un tambour trop petit, et a pu se déformer progressivement lorsqu'il s'est trouvé soumis à des tensions qui l'ont obligé à se dérouler complètement.

J'insiste, à cette occasion, sur la nécessité absolue de ne jamais dépasser, dans la manipulation des fils, la limite élastique de l'alliage; on n'emploiera donc que des fils bien écrouis, et qui, dans leur fabrication, comme dans tous les traitements ultérieurs, n'auront jamais été enroulés sur des diamètres trop petits. Il semble, d'après toutes nos expériences, que des fils de 1^{mm},65 de diamètre, tels que nous les employons à l'imitation de M. Jäderin, ne devraient jamais être amenés à former des couronnes d'un diamètre inférieur à 50^{cm}.

Je reviendrai tout à l'heure sur cette question à propos de l'enroulage des fils pour leur transport.

Comparons encore entre elles les deux dernières colonnes du Tableau; nous constatons que leurs différences sont pratiquement constantes du commencement à la fin des observations. En effet, si

nous formons les moyennes par cinq semaines, en éliminant seulement les observations du 9 août, pour laquelle, en l'absence de M. Guillaume et de M. Maudet, j'ai été aidé par M. Tarrade qui observait pour la première fois sur la base, nous trouvons les différences moyennes $0^{\text{mm}},68$, $0^{\text{mm}},68$, $0^{\text{mm}},66$, $0^{\text{mm}},72$ et $0^{\text{mm}},71$. Le plus grand écart est donc de $0^{\text{mm}},06$; et comme il est double de celui que l'on constate entre la première et la dernière observation, on n'est pas autorisé à conclure à une variation relative des deux groupes de fils dans les cinq mois d'observation.

En groupant convenablement les résultats des mesures, on pourrait sans doute en déduire la valeur du coefficient de dilatation du mur; je me bornerai, pour le moment, à montrer, en combinant les observations faites respectivement aux jours les plus chauds et les plus froids de l'été et de l'automne, que ce coefficient a une valeur parfaitement définie.

Ainsi, les observations du 14 juin et du 19 juillet donnent, pour une différence de température de 3,37 degrés, un écart de $0^{\text{mm}},51$ dans les longueurs. On en déduit une variation de $0^{\text{mm}},151$ par degré, et un coefficient de dilatation de $6^{\mu},3$ par degré et par mètre. Les observations des 6 septembre et 15 novembre donnent de même, pour 4,45 degrés, un changement de longueur de $0^{\text{mm}},65$, une dilatation de $0^{\text{mm}},146$ par degré et un coefficient de $6^{\mu},1$.

Ces coefficients si concordants, obtenus dans les périodes d'échauffement et de refroidissement du mur, sont déduits d'une différence de longueur qui est, dans les deux cas, de l'ordre du demi-millimètre; il semble donc en résulter à la fois que le mur varie dans les deux sens sans retard appréciable, et que la moyenne des douze fils est susceptible d'être déterminée, par rapport à la base, avec une précision de l'ordre de quelques centièmes de millimètre.

Les résultats de cette longue série d'observations confirment donc les conclusions de mon précédent rapport et ceux que nous avons, M. Guillaume et moi, présentés à la Conférence générale de 1901; mais ils permettent d'être plus affirmatif au sujet de la bonne tenue de notre base murale, de la permanence des fils bien préparés, et de la précision relativement grande qui peut être atteinte dans les mesures dont il est question ici.

Une autre question à laquelle nous avons entrepris de répondre,

est celle de l'action d'une tension prolongée sur les fils. Cette étude a été poursuivie surtout pour les fils de l'alliage le moins dilatable, le seul qui ait aujourd'hui une réelle importance pratique pour les mesures en campagne.

Un premier résultat intéressant a été tout d'abord obtenu par le simple dépouillement des observations hebdomadaires. Lorsque les comparaisons entre les fils et la base sont terminées, nous laissons généralement le dernier fil observé sous la tension subie pendant la mesure. La semaine suivante, ce même fil est comparé le premier à la base sans que la tension ait été relâchée. Plusieurs de nos fils sont ainsi revenus périodiquement à cette tension de 10^{kg} , exercée pendant une semaine, alors que, dans les semaines intermédiaires, ils étaient suspendus au ratelier, et n'étaient soumis à la tension qu'au moment même des mesures. Or, à l'examen des résultats, il est impossible de découvrir quel est celui des fils restés sous tension. Même en faisant des moyennes sur un certain nombre de périodes de tension ou de repos, on ne constate entre elles aucune différence dans un sens déterminé.

L'action nulle ou tout au moins inappréciable d'une tension statique prolongée de 10^{kg} étant ainsi bien établie, il était intéressant d'examiner l'effet de tensions plus fortes, auxquelles les fils peuvent être accidentellement exposés en campagne, par le fait d'une secousse due à une fausse manœuvre des observateurs ou des porteurs. Nous avons donc soumis plusieurs fils à des tensions croissantes, jusqu'à produire des déformations bien mesurables. Les résultats obtenus, bien que différant un peu dans le détail, ont tous conduit à des conclusions générales semblables; je puis donc me borner ici à donner, à titre d'exemple, les nombres trouvés par les observations sur un fil soumis à des expériences particulièrement systématiques, et à noter ici les conclusions qu'elles comportent.

Comme nous désirions ne pas soumettre à des causes anormales de déformation les fils de notre série, constituant par son ensemble un témoin permanent de la valeur de la base, nous avons cru pouvoir, sans inconvénient, entreprendre ces expériences sur des fils dont l'étude nous avait été confiée. Ces fils présentaient, en outre, l'avantage d'être neufs au moment de nos premières mesures, c'est-à-dire de n'avoir même pas subi d'une façon suivie ou prolongée l'effet de la tension normale. Dans le Tableau suivant, les valeurs données pour le fil sont corrigées des petites variations de la base dues aux changements de la température.

Date.	Traitement.	Valeur du fil.	
		^m	^{mm}
4 octobre	Fil neuf	24	— 0,72
»	4 heures sous 10 ^{kg}		— 0,77
»	1 heure sous 20 ^{kg}		— 0,83
»	2 heures »		— 0,76
6 »	42 heures »		— 0,78
6 »	1 heure sous 30 ^{kg}		— 0,72
»	5 heures »		— 0,67
7 »	24 heures »		— 0,73
7 »	1 heure sous 40 ^{kg}		— 0,72
»	4 heures »		— 0,67
8 »	24 heures »		— 0,66
8 »	1 heure sous 50 ^{kg}		— 0,66
»	4 heures »		— 0,66
9 »	24 heures »		— 0,49
»	29 heures »		— 0,52
»	32 heures »		— 0,52
10 »	48 heures »		— 0,51
10 »	1 heure sous 60 ^{kg}		— 0,54
»	4 heures »		— 0,50
11 »	24 heures »		— 0,51
13 »	71 heures »		— 0,39
14 »	95 heures »		— 0,26
16 »	143 heures »		— 0,43
17 »	167 heures »		— 0,33
18 »	191 heures »		— 0,35
18 »	} fil détendu depuis la dernière observation sous 60 ^{kg}		— 0,41
20 »			— 0,45
21 »			— 0,46
22 »			— 0,55
23 »			— 0,49
24 »			— 0,44
25 »			— 0,57
8 nov.			— 0,47

L'inspection des nombres ci-dessus montre que, au moins jusqu'à une tension de 20^{kg}, l'allongement est absolument négligeable et rentre dans les limites des erreurs d'observation; pour 30^{kg}, l'effet commence à se faire sentir, mais il est à peine appréciable; à 40^{kg}, l'action est certaine, puisque les nombres obtenus finalement sont supérieurs à tous les précédents. Sous 50^{kg}, l'effet est marqué, et s'accroît encore sous 60^{kg}, limite des expériences.

Si l'on examine de près l'allure des changements sous chaque nouvelle traction, on voit aisément que l'effet ne suit pas immédiatement l'application de l'effort; il est graduel et n'arrive à une limite déterminée qu'après plusieurs jours, au moins pour les efforts les plus considérables exercés dans nos expériences. Mais, en même temps, nous voyons que, sous des tractions progressives, se terminant par une exposition prolongée à 60^{kg}, l'allongement total n'a atteint qu'une valeur de l'ordre de $\frac{1}{60000}$ de la longueur du fil.

En général, un effort de courte durée, et dont la valeur maxima n'aura pas dépassé 30^{kg} ou 40^{kg} ne devra produire aucune déformation du fil susceptible d'en modifier la valeur d'une manière appréciable. Seule une traction prolongée égale au plus élevé de ces nombres serait susceptible de déformer le fil assez pour nécessiter un nouvel étalonnage. Ce résultat est de nature à nous rassurer complètement sur les accidents que des manœuvres maladroites pourraient provoquer en campagne.

La déformation s'étant établie très lentement sous les plus grands efforts, il était assez probable que cette déformation serait de nature en partie passagère et non permanente, idée confirmée par le parallèle qu'il est facile d'établir entre les changements thermiques et élastiques, appuyé sur la théorie chimique de ces déformations. Les observations faites dans les journées qui ont suivi les expériences ci-dessus, alors que le fil se trouvait, entre les mesures, simplement suspendu au ratelier, et qui sont reproduites au bas du Tableau, confirment cette idée.

Un retour en arrière n'est pas douteux; mais une partie de la déformation semble cependant rester acquise. La déformation est donc en partie permanente et en partie passagère. La portion permanente peut être due à l'effacement de petits plis, à l'écroutissage des portions du fil partiellement recuites dans l'opération du soudage des réglottes, à la rectification automatique de la direction de ces dernières, etc.

Puisque de telles déformations sont susceptibles de se produire, il semble avantageux de les provoquer dans les fils neufs, afin de mettre ceux-ci dans les meilleures conditions possibles pour l'avenir; les fils bien conditionnés ne subiront de ce fait que des déformations très petites, et ne les éloignant de leur valeur primitive que d'une quantité inférieure aux erreurs ordinaires de l'ajustage; et, si, dans une traction prolongée de 60^{kg}, un fil était très fortement

déformé, ce serait l'indice certain d'un défaut grave, qui le ferait immédiatement rejeter.

Une autre question de première importance qui se pose au sujet des fils est celle de la possibilité de les enrouler pour les transports sans craindre de les déformer. Ici, deux cas doivent être soigneusement distingués : ou bien le fil est enroulé librement, en reprenant sa forme primitive, ou bien il est forcé dans une position déterminée, par exemple sur un tambour.

Le maniement habituel des fils montre bientôt qu'ils manifestent toujours, et même après une très forte traction, une tendance à revenir à la forme en spirale qui leur a été donnée dans leur fabrication, par l'enroulage qui est pratiqué sur le tambour d'appel au sortir de la dernière filière. Si, tenant un fil par les deux extrémités en laissant l'une d'elles libre de tourner, on les rapproche l'une de l'autre, on voit se former des cercles correspondant à la forme d'équilibre du fil. Si, alors, on rassemble ces tours successifs en ne leur imposant que les très petits efforts nécessaires pour les mettre en une torche régulière, on est à peu près certain *a priori* de n'avoir imposé à aucun point du fil une déformation permanente.

Cette idée a été confirmée par les nombreux enroulages que nous avons fait subir à la plupart de nos fils, soit pour examiner spécialement cette conclusion, soit simplement par le fait de leur emploi sur le terrain ou de toute autre obligation imposée par les mesures.

Voici quelques exemples des résultats ainsi obtenus : le 11 juillet 1902, trois officiers appartenant au Service géographique de l'armée roumaine, MM. les capitaines Siaicariu et Rosetti et M. le lieutenant Lahovary, prirent part, avec le personnel du Bureau, à la mesure de la base géodésique dont il sera question plus loin. A cette occasion, un de nos fils et un fil semblable appartenant au Service géographique roumain furent déterminés le matin sur notre base murale, puis enroulés, employés sur la base extérieure et ramenés le soir sur la base murale. Pendant la journée, chacun des fils avait été enroulé et déroulé trois fois. Les mesures du matin et du soir ont donné les résultats suivants :

	Base.	
	Fil du Bureau.	Fil roumain.
Le matin.	+ 2 ^{mm} ,46	+ 2 ^{mm} ,87
Le soir.	+ 2 ^{mm} ,47	+ 2 ^{mm} ,87

La concordance de ces nombres est beaucoup trop parfaite pour n'être pas due en partie au hasard; les discordances pourraient atteindre quelques centièmes de millimètre sans qu'il fût encore possible d'en conclure à une variation des fils. En voici un exemple.

Un fil n'ayant subi encore qu'un petit nombre de manipulations a été utilisé, à diverses reprises, à la détermination de la distance de deux repères employés à leur tour à la mesure d'un fil de 48^m. Pour chacune de ces opérations, le fil de 24^m était enroulé dans le sous-sol, employé en plein air, enroulé de nouveau et ramené sur la base murale. Il a donc été enroulé et déroulé au moins deux fois, et souvent trois fois dans chaque opération. Voici les valeurs trouvées pour le fil pendant cette période; celles qui ont été obtenues après une opération en plein air sont marquées d'un astérisque; au 31 janvier, le fil était resté enroulé durant 12 jours.

Dates.	Valeur du fil.
	^m ^{mm}
9 décembre 1902.....	24 — 1,04
23 » 	— 1,00
27 » 	— 1,03
10 janvier 1903.....	— 1,10
17 » 	— 1,03
31 » 	— 0,97*
24 février 1903.....	— 1,05*
7 mars 1903.....	— 1,08
14 » 	— 1,03*
21 » 	— 0,96*

On voit que les résultats ainsi obtenus ne présentent ni une marche dans un sens déterminé, ni des discordances plus fortes aux époques où le fil a été enroulé qu'à celles où il est resté au ratelier dans l'intervalle des mesures.

Je donnerai enfin un dernier exemple portant sur un grand nombre de fils. Le ratelier auquel sont fixés nos fils dans l'intervalle des déterminations étant devenu insuffisant, je le fis remplacer par un ratelier plus étendu, susceptible de recevoir commodément une quarantaine de fils. A cette occasion, tous les fils en service furent enroulés le 17 janvier et ne furent remis au ratelier que le 29. Les observations hebdomadaires, faites immédiatement avant et après cette opération, ont donné les résultats reproduits ci-après :

Valeurs des douze fils du Bureau à 15°.

	Avant l'enroulage.				Moyenne des trois mesures.	Après l'enroulage.			Moyenne des trois mesures.
	m	mm	mm	mm		mm	mm	mm	
A ₁ ...	24	+ 0,75	+ 0,66	+ 0,82	+ 0,74	+ 0,85	+ 0,85	+ 0,81	+ 0,84
A ₂ ...		+ 2,65	+ 2,61	+ 2,62	+ 2,63	+ 2,58	+ 2,59	+ 2,59	+ 2,59
A ₃ ...		- 0,12	- 0,16	- 0,13	- 0,14	+ 0,03	- 0,10	- 0,04	- 0,04
A ₄ ...		+ 0,46	+ 0,26	+ 0,39	+ 0,37	0,00	+ 0,08	+ 0,10	+ 0,06
B ₁ ...		+ 2,08	+ 2,05	+ 2,10	+ 2,08	+ 1,95	+ 2,01	+ 1,89	+ 1,95
B ₂ ...		+ 1,77	+ 1,79	+ 1,76	+ 1,77	+ 1,76	+ 1,76	+ 1,78	+ 1,77
B ₃ ...		+ 0,20	+ 0,17	+ 0,09	+ 0,15	+ 0,07	+ 0,12	+ 0,15	+ 0,11
B ₄ ...		+ 0,93	+ 0,92	+ 0,93	+ 0,93	+ 0,89	+ 0,99	+ 0,98	+ 0,95
C ₁ ...		+ 3,37	+ 3,47	+ 3,37	+ 3,40	+ 3,45	+ 3,41	+ 3,44	+ 3,43
C ₂ ...		+ 0,87	+ 0,95	+ 0,83	+ 0,88	+ 0,90	+ 0,92	+ 1,00	+ 0,94
C ₃ ...		+ 2,11	+ 1,93	+ 1,91	+ 1,98	+ 2,16	+ 2,07	+ 2,12	+ 2,12
C ₄ ...		+ 1,71	+ 1,65	+ 1,69	+ 1,68	+ 1,66	+ 1,70	+ 1,76	+ 1,71

Dans l'ensemble, deux fils seuls semblent avoir changé d'une quantité supérieure aux erreurs possibles des mesures; ce sont les fils A₄ et B₁. Or j'ai déjà indiqué les motifs qui nous ont fait douter de la permanence parfaite des fils B; et, au sujet du fil A₄, nous avons, avant sa nouvelle mesure, des raisons sérieuses de soupçonner une faible altération de sa longueur, due au fait que l'une de ses réglettes terminales avait été accrochée dans le transport des fils et avait pris une inclinaison appréciable par rapport à la direction générale du fil.

Il nous restera à compléter ces expériences par des enroulages fréquemment répétés, alternant avec des déterminations précises de la valeur des fils; nous aurons aussi à laisser les fils enroulés pendant des mois, et à les comparer avec des fils témoins conservés étendus pendant la même période. Mais toutes les expériences faites jusqu'ici nous portent à croire que, si les fils ont été enroulés, pendant leur fabrication, sur un diamètre suffisant, il est possible de leur faire subir de nombreux enroulages et déroulages sans modifier sensiblement leur longueur.

Un tel résultat ne peut être obtenu que si l'on suit rigoureusement le précepte donné plus haut, de laisser toujours les fils revenir à leur forme naturelle, prise au moment de la fabrication. Nous en avons eu la preuve au cours d'une expérience que je vais rapporter.

Désirant vérifier le résultat d'un calcul d'après lequel l'équation des fils devait présenter une différence appréciable suivant que le biseau divisé de la réglette était tourné vers le haut ou vers le bas, nous avons opéré, dans le sous-sol, le retournement bout pour bout de la plupart de nos fils, sans les enrouler préalablement, et simplement en les faisant virer sur un cercle de peu d'étendue à l'une des extrémités de la galerie. Or, en revenant à la première position, nous avons observé que la plupart des fils ainsi traités avaient subi un raccourcissement bien supérieur aux erreurs possibles des observations.

Les fils de notre deuxième série ont tous subi ce retournement un certain nombre de fois, entre le 15 novembre et le 20 décembre 1902. A partir du commencement de ces opérations, nous avons vu la plupart de ces fils se raccourcir progressivement, ainsi que le montrent les nombres ci-après, qui indiquent, pour chacune de nos mesures hebdomadaires, groupées comme précédemment

par périodes de cinq semaines, la différence entre la moyenne de nos fils de la première et de la seconde série :

mm	mm	mm
1,01	1,09	1,11
0,97	1,04	1,08
1,03	1,12	1,12
1,04	1,11	1,08
1,09	1,12	1,11
<u>Moy. 1,03</u>	<u>1,10</u>	<u>1,10</u>

Les nombres de la première colonne ci-dessus correspondent à la période des expériences de retournement; ceux des autres colonnes ont été obtenus après l'achèvement de ces recherches. La différence était revenue alors à une constance remarquable; mais, ainsi qu'il résulte de la comparaison avec les nombres donnés plus haut (p. 57), elle était de $0^{\text{mm}},4$ supérieure à celle qui avait été trouvée avant les expériences que je viens de rapporter.

Les raccourcissements se sont fait sentir surtout sur les fils d'une autre série, qui avaient été soumis aux fortes tractions dont il a été question plus haut. Il est même un des fils, que nous avons cherché à ajuster tout près de sa valeur nominale en le frottant dans un étau à main alors qu'il était sous la tension de 60^{kg} , qui a perdu, dans cette opération souvent répétée du retournement, $1^{\text{mm}},5$ sur $2^{\text{mm}},5$ dont nous étions parvenus à l'allonger. Les observations faites entre les derniers retournements, comme les mesures nombreuses faites depuis lors, ont montré que ce fil, comme tous ceux soumis à des traitements analogues, a atteint finalement une longueur très constante.

Ces expériences tendraient à montrer qu'il peut être avantageux pour les fils de subir, avant leur étalonnage, un certain nombre d'enroulements comportant de faibles efforts, et obligeant le fil à prendre momentanément une forme différente de sa forme naturelle. On peut sans doute, par ce procédé, faire disparaître définitivement certaines tensions que le fil aurait conservées de sa fabrication, malgré l'étuvage auquel il a été soumis avant son ajustage.

Les expériences dont je viens de parler ont exactement confirmé, d'ailleurs, les prévisions de la théorie; elles ont montré que la valeur apparente du fil diffère sensiblement suivant que le biseau des

réglottes est tourné vers le haut ou vers le bas. Or, c'est dans la première de ces positions qu'ils sont déterminés sur notre base murale, et dans la seconde qu'ils sont constamment employés en campagne. Il est donc nécessaire, ou d'appliquer à la valeur des fils la petite correction ainsi déterminée, ou d'adopter une construction qui élimine cette erreur. Nous avons établi récemment un nouveau modèle de réglotte dans lequel cette erreur devrait être complètement éliminée; un fil de ce système vient d'être achevé, et nous allons commencer à l'expérimenter.

Au sujet de la construction des fils destinés à des services géodésiques, je dois mentionner les dispositions que nous avons prises pour pouvoir donner aux intéressés la garantie complète de la qualité de l'alliage, en même temps que pour être assurés nous-mêmes de la valeur des coefficients de réduction à appliquer à nos observations et à porter dans les certificats.

Lorsqu'une coulée d'invar a été reconnue de bonne qualité, nous en assurons l'emploi pour les fils, par une disposition à laquelle la Société de Commentry-Fourchambault a gracieusement consenti, et qui consiste à faire livrer au Bureau international tout le fil fabriqué avec la coulée en question. Ce fil est alors étuvé par nos soins, et mis en réserve pour satisfaire aux demandes ultérieures des Services géodésiques, auxquels la valeur des fils est alors directement facturée par la Société de Commentry-Fourchambault. C'est grâce à cette organisation que nous avons pu assurer le bénéfice d'une grande uniformité dans la construction; et de l'emploi d'un lot de fil exceptionnellement bien réussi, sur lequel j'aurai l'occasion de revenir à propos des travaux personnels de M. Guillaume.

Il me suffira d'ajouter que, d'autre part, la fabrication des fils est complètement organisée, et que nous avons eu déjà à déterminer, en fait de fils nouveaux construits conformément à nos instructions :

Cinq fils pour le Service géographique de l'Armée roumaine;

Cinq pour la Section technique de l'Artillerie de l'Armée française;

Six pour la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe;

Cinq, dont un de 48^m, pour l'Institut géodésique prussien;

Trois pour le Service hydrographique de la Marine française;

Enfin la construction et l'étude d'autres fils est prévue pour le

Service géographique du Royaume de Serbie et pour les Colonies australiennes.

Je dois une mention spéciale à divers fils, dont l'étude nous a été demandée après qu'ils eurent été employés à des expéditions géodésiques importantes : ce sont, d'abord, deux fils ayant servi aux mesures de base faites par l'expédition française de l'Équateur. Ces fils, respectivement en laiton et en invar, nous ont été envoyés par le Service géographique essentiellement en vue de la détermination de leur dilatation. Nous les avons donc comparés à notre base murale, à de nombreuses reprises au cours d'une année entière, et nous avons pu, en combinant nos observations, obtenir des résultats qui paraissent absolument satisfaisants. Je mentionnerai, en second lieu, deux autres fils, respectivement en acier ordinaire et en laiton, dont l'équation avait été déterminée une première fois par les soins des officiers du Service géographique français, puis par nous-mêmes en 1901, et mesurés de nouveau en 1902. Dans l'intervalle de ces déterminations, les fils ont servi à de nombreuses mesures de bases au Tonkin. Les résultats de ces comparaisons sont donnés ci-après :

Dates.	Fil d'acier.	Fil de laiton.
Août 1899.....	23,99700 ^m	23,99352 ^m
Août 1901.....	23,99141	23,99083
Septembre 1902....	23,98993	23,99054

La longueur du fil d'acier s'est donc raccourcie, dans ces trois années, de plus de 7^{mm}, et celle du fil de laiton, de près de 3^{mm}. La rapidité de la variation diminue avec le temps; il est cependant évident que d'aussi fortes variations peuvent entraîner quelques incertitudes sur les résultats obtenus au moyen de ces fils.

Tout ce que j'ai rapporté, concernant les fils d'invar, nous porte à penser qu'ils n'éprouveraient pas, à beaucoup près, des changements de cet ordre, même dans les conditions assez dures d'une campagne sous les tropiques.

Un travail qui se relie intimement à l'étude des fils est l'étude de leur emploi sur le terrain. Nous avons déjà décrit, M. Guillaume et moi, les appareils que nous avons imaginés en vue de faciliter cette opération, tout en la rendant plus précise. J'ajouterai seulement que j'ai fait construire, par M. Carpentier, un matériel com-

plet permettant d'entreprendre des expériences sérieuses sur le terrain.

Pour mettre ce matériel à l'épreuve, comme aussi pour donner aux géodésiens l'occasion d'apprendre à l'utiliser, nous avons établi conformément à une décision du Comité, une base d'exercice dans la grande allée du Parc de Saint-Cloud, partant de la grille du Pavillon de Breteuil. Cette base est repérée par six piliers de béton, profondément enfoncés dans le sol, et reposant pour la plupart sur le roc même de la colline. A partir du commencement de la base, ces piliers, parfaitement alignés, se trouvent à des distances égales à 1, 3, 7, 15 et 23 fois la longueur normale de nos fils; soit, entre eux, à 1, 2, 4, 8 et 8 longueurs. Chaque repère est constitué par la croisée de deux traits fins tracés sur un cylindre de nickel pris dans le ciment, au fond d'une cuvette fermée par une plaque protectrice, en fonte.

Cette base nous a permis, à diverses reprises, de faire des mesures d'essai, et nous a donné plusieurs occasions d'enseigner le maniement de nos appareils. L'épreuve la plus complète a été faite par une mesure de base, à l'aller et au retour, avec détermination de tous les repères intermédiaires, à l'occasion de la visite des officiers du Service géographique de Roumanie, dont j'ai parlé plus haut. Ces mesures se sont effectuées rapidement et dans de bonnes conditions.

J'aurais désiré que des mesures complètes fréquentes pussent ainsi être exécutées, de manière à renseigner à la fois sur la véritable précision que l'on peut attendre de ces opérations, sur la rapidité des mesures de bases par l'emploi du nouveau matériel, sur la conservation de la distance des repères enfoncés dans le sol, etc. Malheureusement, le personnel très restreint du Bureau ne nous a pas permis d'entreprendre ces travaux par nos propres moyens; et malgré l'aimable coopération qu'ont bien voulu nous prêter quelques amis, nous n'avons pas pu constituer jusqu'ici une équipe complète permettant de mettre à exécution notre plan primitif. J'espère cependant qu'il nous sera possible de le faire dans le courant de l'année.

Pour le moment je ne puis que donner, à titre provisoire, l'indication suivante : les mesures de bases par les fils semblent comporter une précision de l'ordre de $\frac{1}{500000}$, et pouvoir être effectuées, par huit ou neuf observateurs et auxiliaires, avec une vitesse voisine de 500^m par heure. La même précision paraît aisée à obtenir dans la détermination de la valeur des fils.

Pour ne pas sortir du domaine de la Géodésie, j'ajouterai que j'ai déterminé encore, avec le concours du commandant Bourgeois et du capitaine Noirel, deux pendules à réversion, l'un de 1^m, l'autre 50^{cm}, construits par Brunner, appartenant au Service géographique français, ainsi qu'un troisième pendule du même Service, construit dans son atelier.

Je dirai enfin que nous avons eu à déterminer, à la demande du *Board of Trade, Standards Department*, transmise par notre collègue M. Chaney, un ruban d'acier de 20^m de longueur. Ce ruban portait un trait de mètre en mètre. M. Guillaume et moi avons fait cette mesure, en nous servant de notre base murale, en y adjoignant une petite installation nécessaire pour répondre aux conditions de mesure qui étaient demandées. Le ruban devait en effet être déterminé, soutenu dans toute sa longueur sur un plan horizontal, et tendu par une charge de 20^{kg}. Nous avons donc monté, tout du long de notre base murale, entre le repère 0^m et le repère 20^m, une table horizontale de 20^m de longueur, à la hauteur de la série des repères. Le ruban a été déroulé sur cette table, et tendu, à l'aide d'une corde réfléchie sur une poulie à gorge par un poids de 20^{kg} à chacune de ses extrémités. Le ruban, ainsi porté à plat dans toute sa longueur, était placé de manière à amener ses traits dans un voisinage aussi rapproché que possible des traits de repère de la base, dont les distances sont exactement connues; la distance entre les traits de la base et ceux du ruban était mesurée au moyen d'une petite échelle millimétrique tracée sur verre. Bien que la demande eût été faite seulement pour la longueur entière du ruban, nous avons profité de la possibilité de déterminer, sur notre base, les fractions qui le composent, de 4^m en 4^m, pour obtenir tout un groupe d'observations indépendantes, qui se contrôlent, et en plus fournissent les longueurs du ruban, de 4^m en 4^m, à partir de l'origine.

Une autre demande du *Board of Trade* qui soulevait un peu plus de difficultés est celle qui se rapportait au tracé, sur une règle, d'un double étalon du Mètre et du Yard. Les conditions étaient les suivantes.

Il s'agissait d'une règle en platine iridié, à section en X (mais de la section symétrique des mètres *à bouts*), sur laquelle on nous demandait de tracer la longueur du Yard et la longueur du Mètre, ces deux longueurs ayant une origine commune, près d'une des

extrémités de la règle. J'hésitais beaucoup à me charger de cette opération, que je considérais comme extrêmement délicate, et dont il m'était difficile de garantir la réussite, avec les moyens dont je disposais et qui n'y étaient pas parfaitement appropriés. Cependant, à la suite d'une assez longue correspondance avec M. Chaney, il a été convenu que les surfaces seraient d'abord préparées et polies par la Société genevoise, et que j'exécuterais ensuite les tracés demandés. C'est ce qui a été fait; et j'ai eu la satisfaction, après avoir fait un certain nombre de tracés sur des règles d'essai, de réussir sur la règle de platine avec un succès complet.

L'étude de cette règle, qui a été faite aussitôt après par M. Maudet, a conduit à un résultat intéressant; elle a fourni une occasion de vérifier le rapport entre le Yard et le Mètre que j'ai établi il y a quelques années. Nous avons encore, en effet, à Breteuil, un étalon du Yard, portant le n° 12, et appartenant au *Board of Trade*, dont la valeur avait été, dans ce grand travail, établie très soigneusement par des comparaisons faites à Londres par le Standards Office et à Breteuil par moi-même. Le nouvel étalon du Yard que je venais de construire a été comparé par M. Maudet à cet étalon n° 12, et en plus à nos échelles normales, l'une sur bronze, l'autre sur platine iridié, qui avaient également servi dans mon travail de 1895. Les deux valeurs du nouvel étalon, ainsi rapportées, l'une à l'*Imperial Standard Yard*, l'autre au Mètre international, se sont trouvées concordantes à 0^m,23 près. Ainsi le rapport du Yard au Mètre est vérifié par cette nouvelle étude, entièrement indépendante et faite par un autre observateur, avec une précision qui est même supérieure à l'exactitude que j'avais cru pouvoir lui attribuer.

En dehors des travaux précédents, j'ai consacré une partie importante de mon temps à continuer la détermination de nos séries d'étalons à bouts au moyen du comparateur Hartmann. Les études actuellement faites portent sur 144 pièces de longueurs différentes, et comprennent plusieurs milliers de comparaisons. Elles peuvent, suivant l'objet qu'elles avaient spécialement en vue, se classer sous trois titres différents.

Les premières ont eu pour but de fixer avec précision la valeur de la vis micrométrique du comparateur, ou, plus exactement, d'établir la *tare* de la division de l'appareil inscripteur qui enregistre les résultats; et, en outre, de déterminer ce qu'on pourrait appeler l'*erreur périodique* de l'appareil, c'est-à-dire principalement

les erreurs de position des dix aiguilles adaptées aux dix index de la tête de vis. Je ne puis m'étendre ici sur les procédés assez compliqués qui ont été employés pour résoudre ces deux problèmes, et qui demanderaient trop de développements.

La seconde série d'études a eu pour but de comparer entre eux des étalons, *broches* ou *calibres*, de même valeur nominale, et, par conséquent, différant très peu entre eux. Chaque détermination est généralement répétée quatre fois après avoir changé les étalons de sens ou de position. Pour les grandes longueurs, pour lesquelles les difficultés et les incertitudes sont un peu plus grandes, on a augmenté le nombre des observations. Dans chaque comparaison, on laisse inscrire généralement une vingtaine de points, dont les positions sur la feuille quadrillée sont ensuite soigneusement relevées à la loupe.

Pour beaucoup de longueurs, le nombre des broches comparées a permis de réaliser des séries fermées, dont les observations se contrôlent réciproquement, et permettent de se rendre compte de la précision des résultats. Sans entrer dans plus de détails, je dirai qu'il est extrêmement rare que, dans les très nombreuses séries que j'ai ainsi relevées, les résidus résultant du calcul de compensation atteignent le demi-micron.

Ce qui constitue une vérification encore plus précieuse est que ces écarts n'augmentent pas sensiblement lorsqu'on introduit dans le calcul, non plus seulement les différences obtenues au comparateur automatique, mais aussi les valeurs absolues déterminées par M. Guillaume au comparateur universel, indépendamment, et par des procédés d'expérimentation entièrement différents.

Enfin, les opérations du troisième genre ont pour but d'établir les relations qu'ont entre eux des étalons de valeurs différentes, variant, par exemple, millimètre par millimètre, ou centimètre par centimètre, ou décimètre par décimètre. Ce sont, par le fait, des étalonnages, qui se font en combinant des diagrammes ou schémas de comparaisons tout à fait analogues à ceux qui sont employés dans le calibrage d'un thermomètre ou l'étude des divisions d'une échelle. Ici encore on rencontre de très nombreux contrôles qui mesurent et garantissent les exactitudes obtenues.

Ces études, et les dernières principalement, ne sont pas encore terminées sur les séries entières d'étalons que nous possédons. Mais elles ont déjà fixé les valeurs d'un nombre considérable de pièces variant depuis 1^{mm} jusqu'à 1^{m} . Elles nous donnent déjà un outillage de premier ordre, qui sera complété peu à peu, qui est extrêmement

précieux, et peut rendre de grands services à l'industrie, en nous permettant de lui fournir désormais aisément des étalons exacts de dimensions quelconques. Quelques demandes nous ont été présentées dans cet ordre d'idées : c'est ainsi que j'ai eu à déterminer une série de broches-étalons construites par la *Société Genevoise* pour la *Weston electrical instrument Co*, de Berlin, et, plus récemment, une autre série pour M. Johansson, constructeur à Stockholm. Il n'est guère douteux que ces demandes ne deviennent plus fréquentes dans l'avenir, et il semble que nous pouvons être appelés à rendre de réels services dans cette voie.

Je passerai maintenant aux travaux qui ont occupé M. Chappuis, depuis la précédente session jusqu'au moment où il nous a quittés.

Dans les derniers mois qui ont précédé son départ, M. Chappuis s'est occupé des pesées et des mesures interférentielles du troisième cube de verre, de 61^{mm} d'arête, destiné à la détermination du volume du kilogramme d'eau, qui n'avait été livré par le constructeur, M. Jobin, qu'au mois de décembre 1901.

M. Chappuis a déterminé la masse de ce cube avant les pesées hydrostatiques, après celles-ci, et pendant le cours des mesures interférentielles.

Les résultats de ces pesées, dont la concordance est d'ailleurs un peu moins satisfaisante que celle des pesées antérieures, relatives aux cubes de moindre volume, montrent que les pertes par dissolution du verre dans l'eau sont très faibles. Voici ces résultats :

14 décembre 1901	Masse du cube =	658,424 48
2 janvier 1902	»	658,424 31
25 » »	»	658,424 50
30 » »	»	658,424 16
1 mai »	»	658,424 32

La dernière pesée a été faite à la fin du séjour de 4 semaines à Breteuil, dont j'ai déjà parlé, et pendant lequel M. Chappuis s'était proposé d'étudier l'influence de l'humidité de l'air sur le résultat des pesées du cube de verre. Il a fait, dans ce but, quelques déterminations dans l'air sec et dans l'air humide. Dans ces pesées, auxquelles la balance Rueprecht de 5 kilogrammes a été affectée, le cube de verre était suspendu dans un vase métallique presque

entièrement clos, dans lequel l'état hygrométrique de l'air pouvait être modifié à volonté. Les expériences ont donné les résultats moyens suivants :

Masse déterminée dans l'air sec.....	658 ^g ,424 59
Masse déterminée dans l'air humide....	658 ^g ,424 36

La différence, qui n'excède d'ailleurs pas beaucoup les erreurs inévitables, a le signe inverse de l'effet qu'on pouvait attendre, de sorte qu'on ne saurait tirer aucune conclusion positive de ces expériences.

Les pesées hydrostatiques du cube, effectuées du 23 au 30 décembre, avec trois eaux différentes, ont donné, pour le volume du cube à 15°,

$$V_{15} = 230^{\text{ml}}, 682 \text{ 06.}$$

De nouvelles pesées, faites en avril 1902 avec deux eaux, ont fourni la valeur peu différente

$$V_{15} = 230^{\text{ml}}, 681 \text{ 86.}$$

Pour la mesure des dimensions du cube par la méthode interférentielle de M. Michelson, M. Chappuis a employé principalement les quatre raies du cadmium fournies par l'excitation de tubes à électrodes intérieures, et dont les rapports des longueurs d'ondes, déterminés pour une différence de marche de 61^{mm}, sont :

$$\frac{\lambda_r}{\lambda_v} = 1,265 \text{ 964 1,} \quad \frac{\lambda_r}{\lambda_b} = 1,341 \text{ 372 5,} \quad \frac{\lambda_r}{\lambda_{vi}} = 1,376 \text{ 286 0.}$$

Il a eu soin d'ailleurs d'observer toujours avec des différences de marche du même ordre.

Quelques expériences pour le contrôle du nombre entier des franges ont été faites avec un tube sans électrodes, de la forme employée par M. Hamy, et renfermant du cadmium et du zinc.

Les franges de Fizeau ont été observées avec cinq sources différentes, et donnent des coïncidences qui déterminent sans la moindre ambiguïté la distance du cube au miroir placé derrière.

Les valeurs obtenues pour la distance des milieux des faces à 15°, exprimées en demi-longueurs d'ondes rouges du cadmium, sont :

Distance des milieux
des faces.

[1-6].....	$\left\{ \begin{array}{l} 190\,527,60 \\ 190\,527,49 \end{array} \right\}$	$190\,527,55 = 61,335\,315^{\text{mm}}$
[3-4].....	$\left\{ \begin{array}{l} 190\,278,88 \\ 190\,279,06 \end{array} \right\}$	$190\,278,97 = 61,245\,291$
[2-5].....	$\left\{ \begin{array}{l} 190\,731,12 \\ 190\,731,12 \end{array} \right\}$	$190\,731,12 = 61,400\,849$

Le volume à 15°, qui se déduit de la mesure des dimensions, est

$$V_{15} = 230^{\text{cm}^3}, 689\,90.$$

En rapprochant ce résultat de celui des pesées hydrostatiques, on en tire, pour la masse spécifique de l'eau à 4°,

$$0,999\,966\,0.$$

Une mesure de la distance des faces [3-4], faite comme contrôle en mai 1902, a donné

$$[3-4]..... \quad 190\,278,69 = 61^{\text{mm}}, 255\,201,$$

valeur un peu plus faible que celle obtenue en janvier. Si l'on admettait que les autres dimensions ont varié de la même quantité, il en résulterait, pour le volume correspondant à cette époque,

$$V_{15} = 230^{\text{cm}^3}, 681\,89.$$

Les pesées hydrostatiques correspondantes ayant donné

$$V_{15} = 230^{\text{mm}}, 681\,86,$$

on en déduirait pour la masse spécifique de l'eau à 4°,

$$0,999\,969\,5.$$

Cette dernière valeur doit être considérée comme un simple renseignement.

Je rappellerai que les mesures effectuées sur les cubes de 4^{cm} et de 5^{cm} d'arête avaient donné les résultats suivants :

Cube de 5 ^{cm} (1896).....	0,999 976 5
» (1897).....	0,999 975 8
» (1900).....	0,999 975 4
Cube de 4 ^{cm} (1901).....	0,999 970 7

On remarquera, en comparant les résultats moyens obtenus sur les trois cubes, que les différences entre eux sont sensiblement plus fortes que celles des valeurs obtenues sur le cube de 5^{cm} à des époques différentes. Cela semble indiquer qu'on n'est pas encore parvenu à éliminer toute erreur systématique de ces mesures.

En octobre 1901, M. Chappuis a déterminé, à l'appareil Fizeau, la dilatation d'un échantillon de quartz fondu, préparé par lui et taillé par M. Jobin sous la forme habituelle pour ces mesures. Il résulte de ces observations, pour la dilatation linéaire entre 0° et 83°, l'expression

$$L_T = L_0 (1 + 0,000\ 000\ 384\ 741 T + 0,000\ 000\ 001\ 150 T^2).$$

La dilatation de cette substance est donc extrêmement faible. Cette propriété, qui a été également constatée par d'autres observateurs, rend le quartz fondu extrêmement résistant aux brusques variations de température. Elle explique qu'il soit possible de reprendre indéfiniment une pièce, et de la remettre brusquement dans la flamme du chalumeau, sans aucune précaution, quelque irrégulière qu'elle soit, sans aucun risque de la casser.

Depuis son départ, M. Chappuis a consacré une partie de son temps à la correction des épreuves de son Mémoire qui vient de paraître : *Nouvelles études sur les thermomètres à gaz*, et à la rédaction d'un travail sur la dilatation du mercure, dont il a vérifié tous les calculs et dont je puis présenter les épreuves au Comité. Il a préparé également la publication d'un Mémoire sur la dilatation de l'eau, dont il a révisé soigneusement les observations, refait les très laborieux calculs et commencé la rédaction.

Dans l'ensemble des recherches concernant les mesures par les

fil, et dont j'ai donné plus haut le détail, M. Guillaume a pris une part active à nos travaux communs, jusqu'au moment où la grave maladie qui l'a atteint à l'entrée de l'hiver l'a tenu, pour un temps, éloigné des laboratoires. Il a pu, d'ailleurs, dans les loisirs forcés de sa convalescence, s'occuper encore de cette question par quelques recherches théoriques concernant ce genre de mesures, par le dépouillement des très nombreuses observations accumulées, par la rédaction d'une instruction sur l'emploi de notre matériel, etc. Il a suivi de près aussi la construction des règles géodésiques nouvelles pour lesquelles nous avons été consultés par les Services intéressés. L'un de ces étalons, celui qui est destiné à la Commission géodésique du Japon, mérite, à ce propos, une mention spéciale, par la raison qu'il diffère notablement des autres, et a nécessité une étude minutieuse du détail des projets.

Cet étalon, auquel la Commission japonaise a désiré donner une longueur de 5^m, ne pourra pas, en effet, être déterminé au moyen de notre comparateur géodésique, limité à 4^m; il a donc fallu étudier ses dispositifs accessoires de manière qu'il pût être étalonné facilement, au Japon même, au moyen d'un comparateur de 5^m, en construction chez MM. Repsold et fils, à Hambourg.

Ces habiles constructeurs étant partis, pour leurs projets, d'idées très différentes de celles auxquelles une longue pratique des règles géodésiques nous a conduits, l'entente sur ce travail à élaborer en commun a été longue et a nécessité une volumineuse correspondance. Nous sommes finalement tombés d'accord sur les dispositions essentielles du comparateur et de la règle, et l'ensemble de l'appareil sera prochainement achevé. La règle japonaise sera accompagnée d'un étalon de 1^m, divisé en millimètres, construit par la Société genevoise, dont M. Guillaume a déterminé la dilatation et dont M. Tarrade étudie la division en ce moment.

La règle de 5^m est destinée à un double but; elle sera employée probablement dans les mesures sur le terrain; mais, avant tout, elle doit servir d'étalon principal dans la détermination des règles les plus fréquemment employées pour les mesures de bases. Il a donc semblé que, pour cette règle fondamentale, une grande stabilité moléculaire devait être préférée à une très faible dilatation. C'est pourquoi la Commission japonaise a adopté, sur la proposition qui en a été faite par M. Guillaume, un alliage à 43 pour 100 de nickel, un peu moins dilatable que le platine, et d'une stabilité telle que la règle de 1^m, prise dans la même coulée, n'a subi qu'une variation de 0^u,7

par un étuvage de trois mois à des températures comprises entre 100° et 30°. On peut donc affirmer que l'étalon de 5^m, qui a subi aussi un étuvage très complet, ne variera pas, dans le cours du temps, d'une quantité appréciable.

La principale question de notre programme général dont l'étude fut particulièrement dévolue à M. Guillaume était la détermination réitérée de la masse du décimètre cube d'eau. Peu après la dernière réunion du Comité, il entreprit un nouvel ajustage de l'appareil servant aux mesures d'épaisseur, et notamment la confection d'une paire de palpeurs, dont les surfaces de contact, rodées par M. Huetz, ont été contrôlées avec le plus grand soin au cours du travail. C'était à peu près tout ce qui pouvait être fait avant la livraison des cylindres en travail chez M. Jobin, et dont la forme avait été provisoirement contrôlée, après le premier ajustage dans les ateliers de la Section technique de l'Artillerie. Le premier cylindre achevé a été livré au Bureau dans les premiers jours de novembre, et M. Guillaume, qui terminait à ce moment quelques travaux urgents, allait entreprendre son étude lorsque la maladie a interrompu le cours de son activité. Un second cylindre a été livré depuis lors par M. Jobin, de telle sorte que rien n'empêchera plus l'avancement rapide de ces études aussitôt que ce travail pourra être repris.

En attendant l'achèvement des cylindres, M. Guillaume avait entrepris la détermination d'un certain nombre d'étalons à bouts, appartenant au Bureau ou à la Section technique de l'Artillerie, complétant ainsi très utilement les séries d'étalons connus par une détermination directe; ce qui a rendu possibles les comparaisons étendues et les étalonnages dont j'ai parlé plus haut. Les nombreuses indications qui nous sont parvenues dans ces dernières années nous ont montré que les étalons très précis, susceptibles d'être employés directement dans l'industrie, constituent un complément de plus en plus nécessaire de l'outillage moderne, et rendent des services signalés dans la construction précise des machines.

L'étude de quelques alliages nouveaux et des recherches complémentaires sur les alliages déjà connus ont occupé M. Guillaume à diverses reprises. Certains échantillons d'alliages à fortes teneurs en nickel, que la Société de Commentry-Fourchambault nous a fournis avec la libéralité dont elle nous a déjà donné tant de

preuves, ont permis de compléter, du côté du nickel pur, les courbes relatives à la dilatation et à l'élasticité des aciers au nickel. Aucune nouvelle anomalie n'est apparue, et les courbes se relient sans aucune irrégularité aux propriétés du nickel.

Ce dernier métal, allié à de petites quantités de chrome, perd son magnétisme, et nous avons espéré pouvoir obtenir des blocs d'un tel alliage propres à permettre la confection de poids étalons sensiblement plus durs que ceux en nickel, et exempts du défaut de ceux-ci d'être sensibles aux actions magnétiques. Les recherches dans ce sens ont été moins fructueuses que nous n'eussions pu l'espérer, en raison des difficultés de la préparation de ces alliages en pièces sans fissures. Cependant des barres satisfaisantes ont pu être forgées à Imphy, et leur dilatation a été trouvée sensiblement la même que celle du nickel magnétique; cette constatation établit une différence marquée entre le nickel et le fer qui, comme on sait, possède, à l'état magnétique, une dilatation de plus d'un tiers inférieure à ce qu'elle est à l'état non magnétique. Cette indication est importante pour la théorie des aciers au nickel.

Un autre fait important pour cette théorie a été mis en lumière par l'étude d'un échantillon contenant 30 pour 100 de nickel et 70 pour 100 de fer, et dont, après le passage à la température de l'air liquide, la dilatation avait sensiblement augmenté. Or on sait que, pour les alliages à 25 pour 100, la dilatation est beaucoup diminuée par le refroidissement. Les conséquences qu'entraîne cette expérience pourront être exposées au Comité par M. Guillaume.

La question des alliages à faible dilatation est aussi en progrès marqué. Par des soins particuliers dans la fabrication de ces alliages par les aciéries d'Imphy, par l'étude des causes d'augmentation ou de diminution des dilatations, par une accumulation ou un dosage précis de ces causes, on est parvenu, dans ces derniers mois, à réaliser des alliages à dilatation négative, et des alliages à dilatation pratiquement nulle. C'est grâce à cet ensemble de recherches, et à l'organisation d'un dépôt de fils au Bureau, que nous avons pu procurer à plusieurs Services géodésiques des fils d'une fabrication si parfaite que leur emploi, avec la plus grande précision que comportent les mesures sur le terrain, nécessite tout au plus la connaissance de leur température à 15 ou 20 degrés près. Pour ces fils, tout au moins, la question si difficile de la mesure de la température des instruments à l'air libre se trouve entièrement résolue. Il n'est pas certain que des fils aussi parfaits puissent être

toujours obtenus; mais, grâce au choix préliminaire des coulées et à des manipulations bien graduées, nous pouvons espérer obtenir des aciéries d'Imphy des livraisons de fils dispensant couramment de la mesure des températures à moins de quelques degrés près.

Une autre question que nous nous sommes souvent posée est celle de l'égalité de dilatation de divers échantillons pris dans une même coulée. Les déterminations purement métrologiques faites au Bureau, c'est-à-dire l'étude de règles achevées, nous a permis, sinon de résoudre définitivement cette question, au moins d'apporter cette indication qu'en général plusieurs barres, prises dans un même lot d'une coulée réussie et traitées de la même façon, possèdent la même dilatation dans des limites si serrées qu'il est difficile de dire si les divergences trouvées sont réelles, ou rentrent dans les limites des erreurs d'observation.

L'action de l'étuvage est de relever un peu la dilatation de l'invar, et d'autant plus que l'étuvage a fait intervenir des températures plus élevées. Si l'étuvage a débuté à 100°, ce qui est parfaitement suffisant pour assurer le maximum de stabilité dont l'invar est susceptible, on trouve que la dilatation d'une tige primitivement étudiée au sortir de la forge est augmentée d'une quantité inférieure au centième de la dilatation du platine.

La même question est à l'étude pour des tiges étirées; elle sera sans doute résolue prochainement; et si, comme il est probable, on trouve après l'étuvage une faible augmentation de la dilatation, on possédera un moyen de ramener au voisinage de zéro la dilatation de fils ou de tiges à dilatation primitivement négative.

La question des nouveaux alliages a été, pour le Bureau, l'occasion de travaux que les dispositions récemment adoptées pour notre règlement ont permis d'entreprendre; ainsi, dans le courant de ces deux années, M. Guillaume a eu l'occasion de déterminer la dilatation de six tiges de pendules envoyées par M. Riefler, et faisant partie de lots importants de tiges destinées aux horloges de précision fabriquées par cet habile constructeur. Il n'est pas sans intérêt de mentionner, à ce propos, le fait que le pendule à tige d'invar se répand de plus en plus, et tend à remplacer complètement, dans les nouveaux régulateurs, le pendule à compensation mercurelle.

J'ajouterai, aussi, que M. Guillaume a déterminé la dilatation et

l'équation d'une règle d'acier appartenant à l'Atelier de précision de la Section technique de l'Artillerie de Madrid, la dilatation d'une règle étalon destinée à l'Université de Santiago, au Chili, d'une règle d'invar accompagnant la règle de 4^m de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, la dilatation de deux règles de bronze prélevées sur les coulées avec lesquelles ont été fabriqués les cylindres dont j'ai parlé précédemment.

Dans une autre direction, peu après la dernière réunion du Comité, M. Guillaume a rédigé, pour les *Procès-verbaux*, les Annexes concernant les législations, les décisions des Conférences et du Comité, et établi la liste des publications du Bureau; enfin, conformément aux instructions données par M. le Secrétaire du Comité, il s'est occupé de la réimpression des Comptes rendus des deux premières Conférences générales.

Le service de la Bibliothèque et celui des échanges de publications qui en dépend, et dont il a la charge, avec l'aide de M. Maudet, l'ont occupé comme dans les années précédentes. Je dirai, à cette occasion, que de nombreuses lettres ont été adressées, dans ces derniers mois, aux Institutions auxquelles nous envoyons nos publications, et qui ne faisaient pas l'échange. En réponse, de nombreux envois nous sont déjà parvenus, enrichissant notre bibliothèque de précieuses collections.

Nos deux Aides, MM. Maudet et Tarrade, ont prêté, comme je l'ai dit, leur concours à l'ensemble de nos études sur les règles géodésiques et sur les fils. En outre, chacun d'eux a été chargé d'un certain nombre de déterminations métrologiques, faites généralement pour répondre à diverses demandes. Je me borne à les indiquer.

Dans l'ordre des pesées, M. Maudet a déterminé : quatre pièces pour le Service des Poids et Mesures du Japon ; trois pièces pour le *Board of Education*, à Londres ; deux pièces pour le *National Physical Laboratory*, à Londres ; une pièce pour le *Board of Trade*, à Londres ; une pièce pour l'Institut technologique de Tomsk (Russie) ; une pièce pour M. Gardelle, constructeur, à Paris. Il a, en outre, déterminé la densité de diverses pièces, et complété l'étalonnage de nos séries O et Oe.

Dans l'ordre des mesures de longueurs, M. Maudet a fait l'étalonnage de plusieurs règles divisées ; savoir : quatre mètres pour le *National Physical Laboratory*, pour le Service des Poids et Mesures

du Japon, pour M. Eumorfopoulos à Londres, pour M. Chappuis ; deux réglettes de 20^{cm} construites par la Société genevoise pour MM. les Professeurs Haga et van de Sande Bakhuyzen ; enfin le *Mètre et Yard* en platine tracé par moi et dont j'ai parlé plus haut. Il a aussi mesuré la dilatation d'une tige en acier-nickel.

M. Tarrade a également fait la mesure de la dilatation de quatre tiges d'acier-nickel ; il a déterminé au sphéromètre diverses séries d'étalons ou pièces en acier. Enfin il a aidé M. Guillaume dans les travaux de la Section de Thermométrie, et consacré une partie assez importante de son temps à certaines portions de l'étude de divers thermomètres (thermomètres pour la Commission géodésique du Japon, pour la Commission géodésique du Mexique, pour la Chambre centrale des Poids et Mesures de Russie, pour le *National Bureau of Standards* de Washington, etc.)

La plupart de ces études ont donné lieu à la délivrance de certificats, dont la liste sera reproduite à la fin de ce Rapport.

Je dois mentionner encore, avant de terminer, le travail qui a été exécuté chez nous par M. Blumbach, Membre de la Chambre centrale des Poids et Mesures de Saint-Pétersbourg, à la suite d'une demande adressée au Comité par notre collègue M. Mendeleeff, travail qui avait pour objet une mesure relative de la pesanteur au moyen de pendules Sterneek-Stückrath. M. Mendeleeff est, en effet, venu en avril s'entendre avec nous à ce sujet. M. Blumbach, après avoir fait une station à l'Observatoire de Paris, a apporté ses appareils, que nous avons pu installer, dans des conditions satisfaisantes, dans la salle III de notre observatoire. Il a passé ici 3 semaines, du 16 mai au 6 juin, pendant lesquelles nous lui avons prêté notre concours pour l'exécution de ses expériences. Nous avons pu, à cette occasion, établir par le téléphone, avec l'horloge de l'Observatoire de Paris, pour la transmission de l'heure, une communication qui a fonctionné d'une façon satisfaisante.

Enfin, je dois signaler qu'il nous est encore parvenu un certain nombre de demandes des réglettes étalons décimétriques que nous avons construites il y a quelques années. Aux listes déjà données dans les *Procès-verbaux* de 1900 et 1901, il faut ajouter aujourd'hui :

M. Isaac Roberts, astronome, à Starfield (Sussex).....	1
National Physical Laboratory, à Londres.....	1
Board of Trade. Standards Office, à Londres.....	2
Atelier de précision de l'Artillerie, à Madrid.....	3
M. Collot, constructeur, à Paris.....	1
	8

En ajoutant ces réglottes à celles qui ont été antérieurement livrées, on obtient un total de 56; si l'on y ajoute encore les 6 que nous conservons pour le Bureau international, on voit que le nombre de ces étalons encore disponibles (sur 80 qui avaient été construits) commence à se réduire considérablement. Ce sont principalement les réglottes en acier-nickel invar qui deviennent rares et seront bientôt épuisées. Quand il se produira alors de nouvelles demandes, nous nous adresserons à la Société Genevoise, en lui donnant toutes les instructions nécessaires pour qu'elle prenne la suite de la fabrication. La Société Genevoise est en état de répondre d'une façon complète, à cet égard, à nos exigences les plus sévères. Elle a fait, dans la construction des étalons de longueur, des progrès continus, depuis quelques années; et elle livre aujourd'hui couramment des règles divisées qui sont, à tout point de vue, d'une perfection absolument remarquable.

Je termine ce Rapport en y ajoutant, comme de coutume, la liste des certificats qui ont été délivrés par le Bureau international depuis la précédente session du Comité.

1.	1901	Oct. 14.	Étalon décimétrique n° 70....	{	M. le D ^r Isaac Roberts, astronome, Starfield.
2.	»	Déc. 3.	3 pièces de 100 ^{es} , 10 ^{es} et 1 ^{re} en nickel.....	{	Board of Education, South Kensington, Londres.
3.	1902	Janv. 26.	1 pièce de 200 ^{es} en bronze blanc.	{	Institut technologique de Tomsk.
4.	»	Fév. 19.	Étalon décimétrique n° 52....	{	National Physical Labo- ratory, Teddington.
5.	»	Mars 1.	» » n° 73....	{	Board of Trade, Standards
6.	»	» »	» » n° 54 ...	{	Department, Londres.
7.	»	» 21.	Thermomètre hypsométrique Baudin 15515.....	{	Institut météorologique du Royaume de Serbie.
8.	»	Avril 17.	Règle d'un mètre en acier-nickel S.I.P. n° 28.....	{	M. N. Eumoropoulos, Londres.

9.	1902	Avril	21.	Dilatation de deux tiges d'acier-nickel.....	M. S. Riefler, Munich.
10.	»	»	21.	Huit étalons à bouts.....	Section technique de l'Artillerie de Paris.
11.	»	»	22.	Règle d'un mètre en acier-nickel S. I. P. n° 27.....	National Physical Laboratory, Teddington.
12.	»	»	»	Règle d'un mètre en acier-nickel S. I. P. n° 29.....	Bureau des Poids et Mesures du Japon.
13.	»	»	»	Thermomètre Baudin 15554...	National Bureau of Standards, Washington.
14.	»	»	»	» » 15555...	
15.	»	»	»	» » 15556...	
16.	»	»	»	» » 15582...	
17.	»	»	»	» » 15583...	
18.	»	»	»	» » 15584...	
19.	»	»	»	Thermomètre Baudin 15571...	
20.	»	»	»	» » 15572...	
21.	»	»	»	» » 15573...	
22.	»	»	»	» » 15574...	
23.	»	»	»	» » 15575...	Commission géodésique du Japon.
24.	»	»	»	» » 15576...	
25.	»	»	»	» » 15577...	
26.	»	»	»	» » 15578...	
27.	»	»	»	» » 15579...	
28.	»	»	»	» » 15580...	
29.	»	Mai	14.	16 étalons à bouts, 2 ^{mm} à 20 ^{mm} .	
30.	»	»	»	16 étalons à bouts, 20 ^{mm} à 110 ^{mm} .	
31.	»	Juin	5.	Quatre pièces en bronze blanc (100 ^g , 10 ^g , 1 ^g et 0 ^g , 1).....	Bureau des Poids et Mesures du Japon.
32.	»	»	28.	Une pièce de 100 ^g en bronze blanc.....	National Physical Laboratory, Teddington.
33.	»	Août	1.	Thermomètre Baudin 15661...	Institut hydrographique, Gênes.
34.	»	»	2.	Réglette en acier-nickel de 20 ^{cm} .	Observatoire de Leyde.
35.	»	»	»	Réglette en acier-nickel de 20 ^{cm} .	Natuurkundig Laboratorium.
36.	»	»	25.	Une pièce de 100 ^g en nickel...	M. Louis Gardelle, Paris.
37.	»	Sept.	8.	Un fil de 24 ^m en acier-nickel...	Service hydrographique de la Marine française.
38.	»	»	8.	Cinq fils de 24 ^m en acier-nickel.	Service géographique de l'armée roumaine.
39.	»	»	8.	Cinq fils de 24 ^m en acier-nickel.	Section technique de l'Artillerie.
40.	»	Oct.	20.	Règle de 1 ^m en platine iridié, alliage 1874, n° 2.....	Institut géodésique prussien et Bureau central géodésique international.

41.	1902	Oct. 25.	Règle de 1 ^m en acier Holtzer..	} Atelier de précision du Ministère de la Guerre, Madrid.
42.	»	Nov. 10.	Règle de 1 ^m en bronze blanc..	
43.	»	» 25.	Thermomètre Baudin 15702...	} Institut géo-physique de l'Université de Gœttingen.
44.	»	» »	Règle étalon (mètre et yard) alliage Johnson Matthey....	
45.	»	» »	Ruban en acier de 20 ^m	} Faculté des Sciences de Toulouse.
46.	»	» »	Thermomètre Baudin 15676...	
47.	»	Déc. 5.	Dilatation de 4 tiges en acier-nickel.....	} Board of Trade Standards Department, Londres.
48.	»	» 15.	Thermomètre Baudin 15655...	
49.	»	» »	» » 15656...	} National Bureau of Standards, Washington.
50.	»	» »	» » 15657...	
51.	»	» »	» » 15658...	} M. S. Riefler, à Munich.
52.	»	» »	» » 15659...	
53.	»	» »	» » 15660...	} Commission géodésique du Mexique.
54.	»	» »	Thermomètre Tonnelot à toluène 11047.....	
55.	»	» 23.	Trois règles à bouts en invar, 10 ^{cm} , 50 ^{cm} et 100 ^{cm}	} Chambre centrale des Poids et Mesures de Russie.
56.	1903	Févr. 26.	Étalons décimétriques n ^{os} 30, 67 et 80.....	
57.	»	» »	Deux pièces en platine iridié...	} Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, Paris.
				} European Weston Electrical Instrument Co, à Berlin.
				} Atelier de précision de l'artillerie, Madrid.
				} La Monnaie royale de Londres.

M. LE PRÉSIDENT d'âge constate que le Comité a entendu avec le plus vif intérêt la lecture de ce document si complet et si clair, et il exprime, au nom du Comité, à M. Benoît ainsi qu'à ses collaborateurs, tous ses remerciements pour la grande et féconde activité qu'ils ont continué à consacrer à l'œuvre du Bureau.

M. LE SECRÉTAIRE rappelle qu'il y a lieu de procéder à la désignation des deux Commissions, qui se partagent le travail préparatoire pour les séances plénières.

La Commission des Comptes et des Finances était ordi-

nairement composée de MM. d'Arrillaga, Arndtsen et Chaney. En l'absence de ce dernier, il n'y a pas lieu de désigner un remplaçant, et MM. d'Arrillaga et Arndtsen voudront bien se charger de l'ensemble du travail.

Quant à la Commission des Instruments et des Travaux, M. le Secrétaire croit qu'on pourrait prier tous les autres Membres présents de bien vouloir en faire partie. Leur coopération à la Commission facilitera les décisions définitives à prendre dans les séances plénières.

M. MASCART appuie cette manière de procéder et les propositions sont acceptées.

M. LE PRÉSIDENT invite les deux Commissions à se constituer le plus tôt possible, pour commencer leurs travaux. Les Commissions se réuniront vendredi, à 3 heures, au Pavillon de Breteuil.

La prochaine séance plénière du Comité est fixée au samedi 18 avril, à 3 heures après-midi, à Paris.

La séance est levée à 5^h.



PROCÈS-VERBAL

DE LA DEUXIÈME SÉANCE,

Samedi 18 avril 1903.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, d'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, de BODOLA, EGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, HÉPITES, VON LANG, MASCART.

M. Guillaume, Directeur-adjoint du Bureau international, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 3^h.

M. FOERSTER, en prenant la Présidence, remercie M. Arndtsen d'avoir bien voulu le remplacer au fauteuil pour la première séance, et lui exprime, ainsi qu'à tout le Comité, sa gratitude pour leur témoignage télégraphique de sympathie, qui l'a fort touché dans les conditions pénibles où il se trouvait.

Il donne ensuite la parole à M. le SECRÉTAIRE pour la lecture du Procès-verbal de la première séance, qui est adopté.

M. HÉPITES s'excuse de n'avoir pu arriver à Paris à temps pour la première séance, ayant été retenu à Bucarest comme rapporteur à la séance de l'Académie.

M. le SECRÉTAIRE prend la parole pour son exposé sur les

faits les plus importants, qui se sont produits depuis la dernière session du Comité. Il rappelle d'abord la mort du regretté collègue Cornu. Comme le Comité le sait déjà, le Bureau n'a pas tardé à adresser aux différents membres, ainsi qu'à M^{me} Cornu, la Commémoration suivante :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Berlin et Rome, le 20 juillet 1902.

MONSIEUR ET TRÈS HONORÉ COLLÈGUE,

Lorsque, en octobre dernier, le Comité international a été renouvelé par la dernière Conférence générale, nous ne pensions guère avoir à déplorer, après quelques mois à peine, la perte d'un de nos chers Collègues. M. A. Cornu, décédé le 12 avril, était l'un des derniers venus dans notre Comité, et n'en a fait partie que pendant peu de temps. Toutefois, l'intérêt qu'il avait toujours porté aux grandes questions métrologiques, sa compétence toute spéciale sur les recherches de haute précision, enfin le rôle important qu'il avait joué, ainsi que nous le rappellerons plus loin, dans la Section française de la Commission du Mètre, nous l'avaient fait considérer depuis longtemps comme un collaborateur de notre œuvre et appartenant en fait à notre Association.

Alfred-Marie Cornu, né le 6 mars 1841, fit ses études à l'École Polytechnique de Paris, d'où il sortit avec le premier rang; puis à l'École des Mines, où il obtint le diplôme d'Ingénieur des Mines en 1866. Il ne resta pas longtemps dans le service des Mines; en 1871, il entra comme maître dans l'établissement où il avait été comme élève, et fut nommé Professeur de Physique à l'École Polytechnique. Dans ces fonctions, qu'il continua à remplir jusqu'au jour de sa mort, il avait inauguré un mode nouveau et très brillant dans l'enseignement de la Physique et en particulier de la Thermodynamique. D'un autre côté, comme Membre du *Conseil de Perfectionnement*, il exerça pendant plusieurs années une grande influence sur le développement de la jeune École française.

En 1878, il fut nommé Membre de l'Académie des Sciences pour la Section de Physique; huit ans après, en 1886, il entra au Bureau des Longitudes. Depuis lors, dans les volumes successifs de l'*An-*

nuaire que publie ce corps savant, il donna une série de Notices sur diverses questions d'Astronomie ou de Physique (spectres des étoiles, unités C. G. S., transport électrique de la force, machines génératrices, courants polyphasés, etc.), Notices remarquables autant par la profondeur de la pensée que par la netteté de la forme, et qui furent vivement appréciées du public auquel elles étaient destinées.

En 1884, il fut nommé Membre étranger de la Société Royale de Londres, et Membre honoraire de la Société de Physique anglaise; en 1886, il devint Membre étranger de l'Académie Royale dei Lincei à Rome.

Les travaux scientifiques, auxquels Cornu dut sa brillante carrière, sont très nombreux et très importants. Sa première publication fut sa Thèse de Doctorat, dans laquelle il s'occupait de la réflexion cristalline, et cherchait à perfectionner la théorie de Fresnel, en modifiant les conditions aux limites entre les deux milieux réfringents. Cette première recherche exerça une notable influence sur toute sa vie scientifique, en lui traçant l'entrée de la voie qui eut toujours ses préférences; en effet, s'il est vrai, qu'il aborda avec succès presque toutes les branches de la Physique, ce fut cependant l'Optique qui resta pendant toute sa vie l'objet favori de ses préoccupations,

Les travaux dont il enrichit la Science sont si nombreux qu'il serait presque impossible de les énumérer ici un à un. Qu'il nous soit permis de les réunir par groupes, et d'en donner seulement un exposé sommaire.

A plusieurs reprises, Cornu s'occupa des radiations les plus réfrangibles du spectre solaire. Nous possédons de lui une étude très approfondie et exacte du spectre solaire ultra-violet, qui constitue le complément du célèbre Atlas d'Angström. Comme recherche collatérale, il étudia aussi l'absorption atmosphérique du spectre ultra-violet; et, en restant toujours dans le champ de la Spectroscopie, il ne faut pas oublier la belle et ingénieuse disposition qui amène alternativement sur la fente du spectroscopie des parties du disque du soleil affectées du mouvement rotatoire en sens opposé, et permet ainsi de distinguer immédiatement les raies solaires des raies telluriques.

Nous devons encore à Cornu des études très élégantes sur les conditions de l'achromatisme dans les phénomènes d'interférence;

la solution du problème de la photométrie pour la lumière polarisée; une méthode ingénieuse et précise pour déterminer les constantes d'un système optique; enfin, des recherches sur les réseaux de diffraction et sur leurs anomalies focales. Dans le phénomène Zeeman, il faut rappeler la belle découverte, faite par lui, que la raie D_1 , normalement aux lignes de force magnétique, se décompose en quatre lignes, résultat qui ne semble pas avoir reçu jusqu'à présent une explication théorique complètement satisfaisante.

Son travail d'importance capitale est celui qu'il fit sur la vitesse de la lumière, et pour lequel la Société Royale de Londres lui décerna la médaille Rumford en 1878. Dans cette étude expérimentale, il perfectionna notablement la méthode dont Fizeau avait donné le principe et fait une première application. Par une longue série de mesures habilement conduites, discutées et interprétées, il arriva à fixer, pour la valeur de la vitesse de la lumière, le nombre 300400^{km} par seconde, nombre un peu supérieur à celui qui a été obtenu par la méthode de Foucault perfectionnée, et qui doit être bien peu éloigné de la vérité.

Cornu avait aussi porté son attention sur divers problèmes de Géodésie et d'Astronomie. Parmi ses travaux de cet ordre, il faut citer ses belles recherches de Photographie astronomique; l'installation d'une mire lointaine à l'Observatoire de Nice; son appareil zénitho-nadiral; sa méthode photométrique pour l'observation des éclipses des satellites de Jupiter.

En fait de recherches de Physique terrestre, sa détermination de la densité de la terre, conduite magistralement, doit être considérée comme une des meilleures jusqu'ici existantes.

Il n'est presque pas de branche dans la Physique qu'il n'ait cultivée avec succès. Rappelons, en particulier, ses études sur la synchronisation électrique des horloges; ses recherches, exécutées en collaboration avec M. Mercadier, sur les intervalles musicaux dans le cas de l'harmonie et dans celui de la mélodie (recherches sur les conclusions desquelles on peut pourtant formuler quelques réserves); ses expériences sur les vibrations de torsion qui accompagnent les vibrations transversales des cordes.

Cornu fut, dès le début de sa carrière, un grand maître dans l'art si difficile et si délicat de l'expérimentation; jusqu'à sa fin prématurée, il a été considéré comme le chef de la jeune École de Physique française. Il convient d'ajouter qu'il fut aussi un professeur

incomparable, par le souci scrupuleux qu'il apportait à reviser sans cesse son enseignement, à le tenir constamment au niveau des derniers progrès de la Science, et par la forme claire et attrayante qu'il savait lui donner. Pendant ses longues années de professorat, il a exercé une profonde influence sur l'esprit des jeunes générations qui sont passées entre ses mains; et, en formant de nombreux élèves, il a contribué à assurer encore après lui les progrès de la Science à laquelle il avait consacré sa vie.

Mais ces Notes seraient, pour nous Membres du Comité international, trop incomplètes, si nous n'ajoutions encore quelques mots sur la part considérable que prit Cornu, dans les travaux qui ont servi de base fondamentale à l'œuvre d'unification universelle du Système métrique. Nommé par le Gouvernement français Membre de la *Section française*, qui avait survécu à l'ancienne Commission du Mètre et était restée chargée, avec la collaboration du Comité, de la confection des nouveaux prototypes internationaux et nationaux, nous le voyons, dès la session de 1886, jouer un rôle important dans les discussions, auxquelles donnaient lieu les diverses phases des opérations en cours, en laissant partout la trace de son esprit net et lucide, en même temps que de son expérience de physicien consommé. Nous rappellerons brièvement que c'est à son intervention décisive que l'on dut l'adoption, pour les nouveaux prototypes du Mètre, du poli spéculaire sur les surfaces portant les tracés. Ce mode de poli était encore discuté, et avait quelques adversaires, qui craignaient d'y trouver des inconvénients sérieux. Il est intéressant de voir, dans les procès-verbaux de la Section française, par quelle série d'expériences ingénieuses, constituant d'irréfutables démonstrations, Cornu arriva à faire disparaître toutes les objections et à ramener à lui tous les avis. Ajoutons que l'expérience, acquise depuis, lui a donné pleinement raison, à ce point que nous considérons aujourd'hui le poli spéculaire comme une condition essentielle d'un bon tracé et comme un attribut indispensable de tout étalon de premier ordre.

Lorsque les expériences faites, au Conservatoire des Arts et Métiers, sur le Mètre des Archives de France, eurent mis en évidence l'existence d'une cause d'erreur jusque-là insoupçonnée, spéciale aux déterminations des étalons à bouts et liée aux incertitudes inévitables de la mise au point, l'esprit inventif de Cornu lui suggéra immédiatement une méthode élégante pour réduire considérablement

ces incertitudes, méthode par l'application de laquelle la précision des mesures, dans les conditions où l'on opérait alors, fut presque quintuplée. Cette méthode est devenue, pour ainsi dire, classique depuis lors, et elle est mise en œuvre, au Bureau international, toutes les fois qu'on se retrouve dans des conditions d'expérimentation analogues.

Après la mort de Tresca, la Section française désigna Cornu comme Rapporteur ; et ce fut en cette qualité qu'il rédigea le Rapport, qui rendait compte des opérations faites sur le Mètre des Archives et le Prototype, qui a servi à établir le passage entre l'ancien étalon et le Mètre prototype international. Il signa ainsi, en quelque sorte, l'acte de naissance du nouveau Prototype fondamental du Système métrique universel.

Ajoutons que son laboratoire de l'École Polytechnique était toujours libéralement ouvert à nos savants de Breteuil, et que, à diverses reprises, il en avait mis les ressources à la disposition du Bureau international.

Ces titres désignaient Cornu aux suffrages du Comité, lorsque, après la mort de Bertrand, il y eut lieu de pourvoir au remplacement du Membre français. Devenu notre Collègue, il l'est resté bien peu de temps. La mort l'a enlevé, à la Chansonnerie, près Romorantin, par un coup qui a surpris ses nombreux amis, alors qu'il était encore dans toute la force de l'âge, et que son apparence robuste permettait de prévoir encore pour lui une longue et glorieuse carrière scientifique.

Le vide qu'il laisse dans le Comité, devra être comblé par une élection, qui aura lieu par correspondance vers la fin de cette année. Le bureau du Comité, qui viendra visiter Breteuil vers le milieu du mois d'octobre prochain, fera, à cette époque, à tous nos Collègues, des communications confidentielles relatives à cette élection. En attendant, il sera extrêmement obligé aux Membres du Comité, pour les avis ou conseils que chacun d'eux pourrait lui donner au sujet de cette importante question.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur et très honoré Collègue, l'assurance de nos sentiments très dévoués.

Le Secrétaire,

P. BLASERNA.

Le Président,

W. FOERSTER.

Après la mort de ce cher collègue, il fallait songer à son remplacement, et un nom se présentait spontanément : celui de M. Mascart. Aussi, lors de la clôture du scrutin, le 31 décembre 1902, le bureau n'a pas été étonné de constater que l'unanimité des votants s'était portée sur le physicien éminent que le Comité est heureux de compter parmi ses Membres.

En cas d'élection, l'usage a été jusqu'ici de déposer les bulletins de vote sur le bureau. Tout en se déclarant prêt à suivre cet usage, M. le Secrétaire fait remarquer que, dans certaines circonstances, ce dépôt pourrait présenter quelques inconvénients; dans le cas, par exemple, d'une élection disputée. Comme le Comité se trouve en face d'une élection à l'unanimité, il lui est bien facile d'aborder aujourd'hui ce sujet. Dans beaucoup d'Académies et de Sociétés savantes, on a adopté le système consistant à laisser au bureau le soin du dépouillement des votes et la proclamation du résultat.

M. MASCART est tout à fait dans le même ordre d'idées. Il mentionne, par exemple, qu'à l'Association météorologique internationale, on ne fait pas connaître le nombre des voix obtenues; on se contente de dire qu'il y a majorité ou unanimité.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que, du reste, le dépôt des votes a été toujours fait avec une discrétion extrême, et il est tout à fait disposé à appuyer la proposition de M. Blaserna, qui est adoptée à l'unanimité.

M. LE SECRÉTAIRE aborde la suite donnée aux deux grands sujets, sur lesquels la troisième Conférence générale avait été appelée à délibérer : la caisse de retraite et le retour à la dotation de 100 000^{fr.}

Quant à la caisse de retraite, la tâche du Bureau a été bien facile. La Conférence avait été unanime à l'accepter,

et tous les gouvernements ont bien voulu ratifier ce vote très rapidement, de sorte que la caisse a pu commencer à fonctionner régulièrement le 1^{er} janvier 1902. Le Comité sera heureux d'apprendre que le premier pas a été fait, pour assurer l'avenir à l'excellent et dévoué personnel du Bureau.

En ce qui regarde le vote sur la dotation de 100 000^{fr}, le Comité se souvient que, dans la Conférence générale, deux Gouvernements, l'Angleterre et la Serbie, s'étaient abstenus, tandis que tous les autres avaient émis un vote favorable. Comme il s'agissait d'un changement dans la Convention du mètre, l'unanimité était rigoureusement nécessaire. Du reste, c'était avec cette réserve que quelques États avaient entendu donner leur avis favorable. Pour aplanir cette difficulté, le Bureau s'est empressé, tout d'abord, de faire publier les Comptes rendus de la Conférence le plus vite possible; et cela d'autant plus que le Comité avait décidé que les Rapports spéciaux financiers pour les exercices 1902 et 1903 devaient être établis sur la nouvelle base de 100 000^{fr}.

En adressant aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes les Comptes rendus de la Conférence, le bureau y a joint un Rapport contenant en résumé les points principaux qui avaient fait l'objet des délibérations, et en même temps le Rapport spécial financier sur les exercices 1901 et 1902. Voici le texte de ces deux Rapports :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

RAPPORT

AUX

GOUVERNEMENTS DES HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

SUR LA TROISIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE

RÉUNIE A PARIS EN OCTOBRE 1901.

La troisième Conférence des Poids et Mesures s'est réunie à Paris le 15 octobre, au Ministère des Affaires étrangères, et a continué ses travaux au Pavillon de Breteuil, dans trois séances consécutives, jusqu'au 22 octobre.

L'ensemble de ses travaux et de ses délibérations est reproduit dans les *Comptes rendus* que nous avons l'honneur de joindre à ce Rapport, en cinq exemplaires. En même temps, nous nous permettons d'appeler l'attention des Hauts Gouvernements contractants sur trois des questions traitées dans la Conférence, questions qui ont un caractère administratif et financier, et dont la troisième demande une ratification spéciale.

1. *Renouvellement partiel du Comité international.* — Conformément à ses attributions, la Conférence, dans sa troisième séance (voir page 52 de ses *Comptes rendus*), a procédé au renouvellement, par moitié, du Comité, en remplissant en même temps les vacances qui se sont produites par la mort si regrettée du D^r Hirsch et par la démission que M. Mendeleef a donnée à cause de son âge avancé. A leur place, ont été élus M. N. Egoroff, Directeur-adjoint de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, à Saint-Pétersbourg, et M. Raoul Gautier, Directeur de l'Observatoire de Genève.

Les cinq Membres sortants, d'après les prescriptions du Règlement de la Convention, c'est-à-dire MM. Blaserna, Cornu, Hasselberg, Michelson, cooptés depuis la dernière Conférence, et M. de Macedo, désigné par le sort, ont été réélus.

A la suite de ce renouvellement, le Comité, dans sa séance du

18 octobre, s'est de nouveau constitué, en nommant, à l'unanimité, M. Foerster président, et M. Blaserna secrétaire (*voir les Comptes rendus*, page 67).

2. *Ratification de la Caisse de secours et de retraites et du fonds de réserve.* — La Conférence, dans la même troisième séance, et en parfait accord avec l'exposition faite sous le n° 10 de la convocation, a prononcé, à l'unanimité, la ratification du Règlement de la Caisse de secours et de retraites et du fonds de réserve, dans le même texte qui avait été proposé et se trouve reproduit aux pages 49 à 52 des *Comptes rendus*.

3. *Retour à l'ancien budget de 100 000 francs.* — La proposition du Comité, concernant le retour à l'ancien budget de 100 000^{fr}, qui avait été accordé au Service international des Poids et Mesures, d'abord jusqu'à la distribution des Prototypes, et ensuite, en conformité avec la recommandation de la première Conférence générale, jusqu'à la fin de l'exercice de 1892, a été vivement appuyée dans la troisième Conférence, et n'a rencontré aucune objection de la part de MM. les Délégués des États contractants. M. Millerand, Ministre du Commerce de France, qui, en sa qualité de Chef supérieur du Service français des Poids et Mesures, a bien voulu assister à la troisième séance et l'honorer en acceptant la présidence de ses délibérations, s'est prononcé lui-même chaleureusement en faveur de la proposition (*voir p. 46 à 49 et 53 à 57*).

A la séance étaient présents les Délégués de dix-huit États. Parmi eux, seize se sont déclarés favorables à la proposition. Dans la séance suivante (*voir p. 67 des Comptes rendus*), le Délégué des États-Unis du Mexique a déclaré que, s'il avait été présent à la séance précédente, il aurait, conformément à l'autorisation de son Gouvernement, émis un vote favorable sur la même proposition. En ajoutant ce vote aux autres, on peut conclure que, sur dix-neuf États contractants représentés, dix-sept se sont prononcés pour le retour à l'ancien budget de 100 000^{fr}, sur la formule suivante :

« La Conférence est d'avis qu'il est nécessaire de revenir à l'ancien budget de 100 000^{fr}. »

M. le Délégué de la Grande-Bretagne a cru devoir s'abstenir du vote; de même, M. le Délégué de la Serbie, n'ayant pas reçu d'instructions à cet égard, s'est abstenu.

Parmi les vingt-deux États ayant adhéré à la Convention du Mètre, la Confédération Argentine, le Pérou et le Vénézuéla n'étaient pas

représentés à la Conférence. En s'appuyant sur le vote presque unanime des Délégués présents, le Comité international a autorisé sans hésitation son bureau à rédiger le Rapport spécial financier et à l'adresser aux Hauts Gouvernements, avec le Tableau des parts contributives pour l'exercice de 1902, sur la base d'un budget de 100 000^{fr.}

Il est à espérer que la Grande-Bretagne, la Serbie, la Confédération Argentine et le Pérou s'associeront aux votes de tous les autres États contractants, et voudront ainsi rendre possible une amélioration du service, que nous considérons tous comme absolument nécessaire. Le Bureau international, qui siège au Pavillon de Breteuil, a réalisé jusqu'ici la plus haute expression de l'exactitude dans les déterminations métrologiques; et ce serait une grande perte pour la science, si, faute de moyens suffisants, il devait descendre de la hauteur à laquelle l'ont porté le zèle, l'activité et la grande compétence de son personnel scientifique.

L'État du Pérou, pendant trois années consécutives, a omis de verser sa contribution. D'après une délibération de la première Conférence générale (voir p. 58-60 des *Comptes rendus* de cette Conférence), cet État doit être provisoirement laissé de côté pour le calcul de répartition des contributions.

Nous nous permettons donc de présenter aux Hauts Gouvernements, en cinq exemplaires, le Rapport spécial financier, élaboré sur la base que nous venons d'indiquer. Dans le cas où, contre notre attente, le budget de 100 000^{fr.}, à partir de l'exercice de 1902, avec le Tableau correspondant des parts contributives contenu dans ce Rapport, ne trouverait pas encore l'assentiment de toutes les Hautes Parties contractantes, ce Tableau des parts contributives pour 1902 devrait être réduit, pour chaque État, dans la proportion de 4 à 3; et, dans l'exercice de 1903, on tiendrait compte, pour les nouveaux versements, des versements en plus déjà effectués pour 1902.

Nous espérons réunir, dans un délai assez bref, toutes les décisions que les Hauts Gouvernements voudront bien faire parvenir au Comité; et, à notre tour, nous ne tarderons pas à les porter à leur connaissance.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

RAPPORT SPÉCIAL FINANCIER

AUX

GOUVERNEMENTS DES HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

SUR LES EXERCICES DE 1902 ET 1903.

Notre dernier Rapport spécial financier, daté du 26 février 1901, était consacré au compte rendu de la gestion du Bureau international pendant l'exercice de 1900, et contenait le Tableau des parts contributives des États signataires de la Convention du Mètre pour l'exercice de 1901. Ce rapport pouvait s'appuyer sur les *Procès-verbaux* de la session de 1900 du Comité, distribués aux Gouvernements trois mois auparavant (le 27 novembre 1900). Dans ces *Procès-verbaux* était inséré, conformément à l'art. 19 du Règlement de la Convention, le Rapport financier du Directeur du Bureau international sur l'exercice de 1899 et sur les neuf premiers mois de l'exercice de 1900, ainsi que ses Rapports sur l'état du matériel et sur les travaux accomplis. Le secrétaire du Comité, M. Hirsch, avait, dans les mêmes *Procès-verbaux*, ajouté à ces documents un ensemble de communications administratives et scientifiques, complétant les informations à présenter aux Hauts Gouvernements.

La rédaction actuelle de notre Rapport spécial financier se trouve dans des conditions sensiblement différentes du cas précédent. La Conférence générale des Poids et Mesures, qui se réunit tous les six ans, a terminé, le 22 octobre, ses délibérations, qui ont été précédées et suivies par des séances du Comité. L'importance immédiate des résultats des délibérations de la Conférence pour l'administration de notre Service international, ainsi que pour nos travaux scientifiques, nous a obligés à hâter, autant que possible, la communication des Comptes rendus de la Conférence aux Hauts Gouvernements, en même temps que la distribution du présent Rapport financier, qui doit servir de base aux versements des contributions pour l'exercice commençant au 1^{er} janvier 1902. En conséquence de ces obligations

urgentes, nous avons dû faire passer au second plan l'achèvement et la publication des *Procès-verbaux* des séances du Comité, contenant les Rapports administratifs et scientifiques très complets du Directeur du Bureau, et qui sont actuellement à l'impression.

Notre Rapport spécial financier se bornera donc cette fois aux renseignements les plus indispensables pour l'information des Hauts Gouvernements, en nous référant, pour les questions de principe, aux Comptes rendus de la Conférence, et en confiant les explications administratives plus détaillées aux documents qui, dans quelques semaines, seront publiés dans les *Procès-verbaux* de la session du Comité.

Qu'il nous soit permis, à cette occasion, de dire quelques mots concernant l'ensemble des Rapports prescrits par le Règlement de la Convention. L'article 19 de ce Règlement demande qu'un compte rendu annuel complet du directeur du Bureau soit présenté au Comité, et qu'en outre un Rapport annuel sur l'ensemble de ses opérations scientifiques, techniques et administratives et de celles du Bureau soit adressé par le Comité aux Hauts Gouvernements.

En fait, d'après l'expérience du quart de siècle, pendant lequel le Service international des Poids et Mesures a fonctionné d'une manière satisfaisante, et en vue du changement qui, conformément à l'article 11 du Règlement de la Convention, a été introduit dans la période des sessions du Comité, devenue *bisannuelle* depuis une dizaine d'années, la pratique des Rapports s'est de plus en plus, avec l'assentiment tacite des Hauts Gouvernements, fixée dans l'ordre suivant.

Un ensemble de Rapports sur les opérations scientifiques, techniques et administratives du Comité et celles du Bureau, accomplies pendant la session précédente du Comité, est donné par le Directeur du Bureau, en commun avec le Secrétaire du Comité, dans chaque session, et publié, avec les observations du Président et des Membres du Comité, dans les Procès-Verbaux de la session, lesquels sont transmis immédiatement après aux Hauts Gouvernements.

En outre, dans les derniers mois de chaque année, le Comité présente aux Hauts Gouvernements un *Rapport spécial annuel* sur la situation administrative du Service international, avec l'indication des parts contributives des États contractants pour l'exercice de l'année qui va commencer.

Dans les années intermédiaires entre celles des sessions du Comité,

son bureau se rend en temps utile au Bureau International, afin de prendre connaissance de l'état actuel des travaux et de l'administration, en vue du Rapport annuel mentionné ci-dessus.

Nous pouvons ajouter que les lignes générales de cette manière de faire, exposées à la dernière Conférence dans le Rapport lu par le Président du Comité, n'ont pas rencontré d'objections.

Pour l'exercice de 1901, nous avons à constater que la situation administrative est actuellement assez rassurante à l'égard des arriérés des contributions. Au commencement d'octobre dernier, la somme des arriérés des contributions des États, dont les versements se font en général régulièrement, n'était que de 16305^{fr}, pour l'exercice de 1901. La République Argentine, la Serbie et le Pérou étaient en retard pour les contributions de plusieurs années :

La Serbie pour les années 1899, 1900 et 1901, avec un total de.....	1351 ^{fr}
La République Argentine pour les années 1899, 1900 1901, avec un total de.....	2842 ^{fr}
Le Pérou pour les années 1897, 1898, 1899, 1900 et 1901, avec un total de.....	3541 ^{fr}
Soit.....	<u>7734^{fr}</u>

abstraction faite du Vénézuéla, qui a suspendu ses versements en 1885, et dont les arriérés, qui, jusqu'en 1890, étaient de 2549^{fr}, ont atteint, pour la période de 1890 à 1901, la somme de 5672^{fr}, soit, au total, 8221^{fr}.

Comme, d'après une décision de la Conférence de 1889, ceux des États qui, pendant trois années consécutives, auraient cessé de verser leurs contributions, devaient être laissés de côté dans le calcul de répartition (ce qui a été fait à partir de 1890 pour le Vénézuéla) nous avons, dans le Tableau des parts contributives pour l'exercice 1902 (*voir* ci-après, p. 102) commencé aussi à faire abstraction du Pérou, dans ce calcul, en espérant toutefois que cet État, et de même la République Argentine et la Serbie, voudront prochainement régulariser leur situation dans notre organisation internationale.

Le compte des frais annuels pour l'exercice de 1900 a été clos avec un actif disponible de 75 835^{fr},05. Cet actif sera probablement, à la fin de l'exercice 1901, réduit à 40 000^{fr} par la série des dépenses

décidées par le Comité dans la session de 1900 (voir *Procès-verbaux* de 1900, p. 94). Une grande partie de ce dernier actif disponible devra servir aux dépenses très considérables qui, dans un avenir prochain, seront demandées dans l'intérêt de la publication de nombreux et importants travaux du Bureau.

Dans notre Rapport sur la Conférence générale réunie à Paris, du 15 au 22 octobre 1901, qui, avec les Comptes rendus de la Conférence, accompagne le présent Rapport financier, nous avons, en nous appuyant sur le vote presque unanime de la Conférence, prié les Hauts Gouvernements de bien vouloir donner leur assentiment à ce que, déjà pour l'exercice de 1902, nous prenions désormais, comme base de notre prévision annuelle et du calcul des parts contributives, le retour à l'ancien budget de 100 000^{fr.}

Pendant sa session, le Comité a adopté la prévision suivante pour les frais annuels de l'exercice de 1902 :

A. *Personnel* :

1. Directeur.....	15 000	fr
2. Directeur-Adjoint.....	10 000	
3. Aides.....	10 000	
4. Mécanicien.....	3 360	
5. Garçon de bureau.....	2 160	
6. Aides pour les études thermométriques..	3 000	
7. Indemnité pour travaux extraordinaires ..	5 000	
	<hr/>	48 520

B. *Indemnité du Secrétaire*

6 000

C. *Frais généraux d'administration* :

1. Entretien des bâtiments et dépendances.	6 000	fr
2. Achat d'instruments auxiliaires, entretien des machines et instruments....	8 000	
3. Frais d'atelier.....	700	
4. Frais de laboratoire.....	2 000	
5. Frais de chauffage.....	3 000	
6. Frais d'éclairage et de gaz pour laboratoire et moteur.....	3 500	
7. Concession d'eau.....	200	
8. Primes d'assurance.....	350	

A reporter..... 23 750^{fr} 54 520^{fr}

	Report.....	23 750 ^{fr.}	54 520 ^{fr.}
9.	Frais de bureau	800	
10.	Bibliothèque	1 000	
11.	Frais d'impressions et de publications..	14 000	
12.	Frais de secrétariat	1 000	
13.	Frais divers et imprévus.....	4 930	
		<u> </u>	<u>45 480</u>
	Total.....		100 000

En terminant, nous présentons ici le Tableau des parts contributives, Tableau dans lequel nous avons tenu compte des plus récentes communications relatives aux chiffres de population, parvenues dans nos mains jusqu'à la fin d'octobre 1901, ainsi que du fait que le coefficient pour le calcul de la contribution de la Russie a passé de 1 à 2, par suite de l'introduction légale de l'usage facultatif du Système métrique dans ce pays.

Tableau des parts contributives des États contractants, pour le Bureau international des Poids et Mesures (exercice de 1902).

ÉTATS CONTRACTANTS.	ANNÉE de recensement.	POPULATION.	COEFFICIENT.	FACTEUR de distribution.	FRAIS ANNUELS 100 000 fr.
					Unité : 79 fr. 49 c.
					PARTS contributives.
1 Allemagne.....	1895	52 279 901	3	157	fr 12 266
{ 2 ^a Autriche	1897	25 518 998	3	77	6 016 }
{ 2 ^b Hongrie	1897	18 769 589	3	56	4 375 }
3 Belgique	1898	6 669 732	3	20	1 562
4 République Argentine..	1898	4 518 593	3	14	1 094
5 Danemark.....	1898	2 447 441	1	2	156
6 Espagne.....	1897	18 089 300	3	54	4 219
7 Etats-Unis d'Amérique..	1900	76 304 799	2	153	11 953
8 France.....	1896	38 517 975	3	116	9 062
9 Gr.-Bretagne et Irlande.	1901	41 454 578	2	83	6 484
10 Italie	1898	31 667 946	3	95	7 422
11 Japon.....	1898	46 225 782	2	92	7 187
12 Mexique.....	1895	12 630 863	3	38	2 969
13 (Pérou).....	1896	4 559 550	3	(14)	(1 094)
14 Portugal.....	1899	5 049 729	3	15	1 172
15 Roumanie.....	1899	5 912 520	3	18	1 406
16 Russie.....	1897	126 368 357	2	253	19 766
17 Serbie.....	1899	2 413 694	3	7	547
{ 18 ^a Suède.....	1898	5 062 918	3	15	1 172 }
{ 18 ^b Norvège.....	1897	2 098 400	3	6	469 }
19 Suisse.....	1898	3 119 635	3	9	703
20 (Vénézuéla).....	1894	2 444 816	3	7	(547)
TOTAUX.....				1280	100 000

Berlin et Rome, le 28 novembre 1901.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

Le Comité apprendra avec satisfaction qu'en date du 1^{er} février 1902 le bureau a reçu la réponse suivante de la part du Gouvernement anglais.

AMBASSADE D'ANGLETERRE.

Paris, le 1^{er} février 1902.

MONSIEUR LE SECRÉTAIRE,

Je n'ai pas manqué de transmettre à mon Gouvernement les

publications que vous m'avez fait parvenir par votre lettre du 21 décembre dernier.

Selon les instructions de Lord Lansdowne, je m'empresse à présent de vous informer, que le Gouvernement de Sa Majesté approuve l'augmentation proposée dans la contribution payable par le Gouvernement britannique au Comité international des Poids et Mesures.

Veillez agréer, Monsieur le Secrétaire, l'assurance de mes sentiments distingués.

EDMUND MONSON.

Le bureau s'est empressé de faire connaître le contenu de cette acceptation à tous les Gouvernements contractants, en les priant de vouloir bien faire leurs versements sur la base de la nouvelle dotation de 100000^{fr}; ce qui a eu lieu, même de la part des États qui avaient accepté la dotation sous réserve. La Serbie a également adhéré à la nouvelle dotation, en payant en même temps les arriérés des années précédentes. De sorte que la décision de la Conférence est désormais définitive, et que la délibération du Comité a pu recevoir son application dès l'exercice 1902.

Concernant les exercices 1902 et 1903, le bureau a présenté le Rapport spécial financier suivant :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

RAPPORT SPÉCIAL FINANCIER

AUX

GOVERNEMENTS DES HAUTES PARTIES CONTRACTANTES

SUR LES EXERCICES DE 1902 ET 1903

Le *Rapport spécial financier*, que nous avons l'honneur de présenter annuellement aux Hauts Gouvernements signataires de la Convention du Mètre, contient aujourd'hui, dans la même forme que pour le précédent, en date du 28 novembre 1901, un résumé

des résultats de la gestion du Bureau international pour l'exercice passé, ainsi que des prévisions pour l'exercice suivant, et en outre le Tableau des parts contributives pour l'année 1903.

I. Nous constatons d'abord, avec reconnaissance, que les arriérés qui s'étaient produits sur les contributions des exercices précédents, jusqu'à la fin de 1901, sont rentrés pendant le cours de l'année 1902, à l'exception toutefois de ceux de :

La République Argentine pour les années 1899, 1900 et 1901, avec un total de.....	2842 ^{fr}
Le Pérou pour les années 1897, 1898, 1899, 1900 et 1901, avec un total de.....	3541 ^{fr}

et en faisant abstraction de ceux du Vénézuéla, qui a cessé de verser ses contributions depuis 1885.

Conformément aux décisions de la première Conférence générale, nous sommes en conséquence obligés de ne pas tenir compte, dans le calcul des parts contributives pour l'exercice prochain, de la République Argentine, du Pérou et du Vénézuéla. En ce qui concerne le Pérou, nous avons d'ailleurs reçu, au cours de cette année, l'information, de source autorisée, que les arriérés de ses contributions rentreraient, de manière à régulariser sa situation. Les versements des sommes, qui n'auraient pas été comptées dans les Tableaux de répartition des exercices passés, seront alors employés, selon l'usage établi et les précédents déjà suivis en pareille circonstance, à rembourser les autres Gouvernements, en réduisant leurs contributions des quantités correspondantes.

II. Nous sommes heureux, également, de pouvoir constater que nos propositions, concernant le retour à l'ancien budget de 100000^{fr}, ont trouvé l'accueil le plus bienveillant auprès des Gouvernements des Hautes Parties contractantes. La Conférence générale de 1901 avait approuvé ces propositions, à l'unanimité, moins deux abstentions, celles de la Grande-Bretagne et de la Serbie. Peu de temps après, le Gouvernement de la Grande-Bretagne nous a fait parvenir son acceptation formelle, et l'adhésion de la Serbie nous est également arrivée au cours de cette année. Aucune objection, par conséquent, n'a été faite au Tableau des parts contributives pour l'exercice de 1902, Tableau contenu dans notre dernier *Rapport financier* et calculé sur la base du nouveau budget approuvé par la Confé-

rence générale; nous pouvons ajouter que les rentrées des contributions sur cette base ont été effectuées cette année presque plus rapidement, que dans aucune des années précédentes; et, si l'on excepte toujours la République Argentine, le Pérou et le Vénézuéla, aucun retard ne s'est produit dans les versements de l'exercice actuel. Au nom du Service international des Poids et Mesures, nous exprimons aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes notre gratitude pour la confiance, qu'ils ont bien voulu nous accorder, en assurant ainsi le fonctionnement régulier et l'avenir de leur Institution internationale.

III. En renvoyant, comme de coutume, pour les détails, aux Rapports étendus contenus dans les *Procès-verbaux* des séances du Comité, nous nous bornerons à indiquer rapidement la situation financière, telle que nous l'avons trouvée dans notre visite annuelle au Bureau international des Poids et Mesures.

Le Compte des Frais annuels pour l'exercice de 1901 a donné un total de dépenses de 107 808^{fr},₁₁ et a laissé un actif de 46 909^{fr},₁₁.

Le total des dépenses indiqué ci-dessus comprend, non seulement les frais ordinaires soldés par les divers Chapitres du budget normal, mais en outre la série de réparations ou améliorations reconnues depuis longtemps indispensables, et pour lesquelles le Comité avait voté un crédit spécial de 40 000^{fr}. Ce crédit avait été rendu possible, au moyen d'un fonds accumulé, dans cette prévision, par des restrictions, assurément fâcheuses et regrettables, mais obligées, des dépenses ordinaires pendant les dernières années. Des détails circonstanciés sur l'application de ces dépenses ont déjà été donnés dans le Rapport présenté au Comité, pendant sa dernière session, par M. le Directeur du Bureau international, et inséré aux *Procès-verbaux* de cette session. Ils seront complétés lors de la session prochaine. Nous nous bornerons à rappeler ici, qu'une partie de ces améliorations a eu pour objet et a permis de répondre à un vœu exprimé par l'Association géodésique internationale, concernant l'étude des méthodes et des appareils pour la mesure des bases en Géodésie, ainsi que celle des alliages propres à ces applications et à la Métrologie en général. Ces travaux ont été entrepris au Bureau international, et se poursuivent, actuellement encore, avec la plus grande régularité; ils ont conduit à des résultats qui seront publiés prochainement *in extenso*, mais qui sont déjà connus des savants compétents, et ont reçu d'importantes applications dans divers pays.

La construction d'étalons divisionnaires de 100^g et de 10^g, qui a été demandée par quelques Services nationaux de différents pays, est en voie de préparation; le Comité pourra prochainement communiquer aux intéressés les conditions, auxquelles il serait en mesure de leur procurer de tels étalons.

Nous mentionnons encore que la *Caisse de secours et de retraites*, dont la création était à l'étude depuis plusieurs années, a été organisée, conformément à la décision unanime de la dernière Conférence générale.

IV. Nous ajoutons ici, comme dans les Rapports précédents, la prévision suivante pour les frais annuels de l'exercice de 1903, conformément aux décisions approuvées par le Comité pour les années 1902 et 1903.

PRÉVISIONS POUR LES FRAIS ANNUELS DE L'EXERCICE 1903 :

A. *Personnel* :

Directeur.....	15 000	fr
Directeur adjoint.....	10 000	
Aides.....	10 000	
Mécanicien.....	3 360	
Garçon de bureau.....	2 160	
Aides pour les études thermométriques.....	3 000	
Indemnités pour travaux extraordinaires.....	5 000	
	—	48 520

B. *Indemnité du Secrétaire*.....

6 000

C. *Frais généraux d'administration* :

1. Entretien des bâtiments et dépendances..	6 000
2. Achats d'instruments auxiliaires, entretien des machines et instruments.....	8 000
3. Frais d'atelier.....	700
4. Frais de laboratoire.....	2 000
5. Frais de chauffage.....	3 000
6. Frais d'éclairage et gaz pour laboratoire et moteur.....	3 500
7. Concession d'eau.....	200
8. Prime d'assurance.....	350

A reporter..... 23 750 54 520

Report.....	23 750 ^{fr}	54 320 ^{fr}
9. Frais de bureau.....	800	
10. Bibliothèque.....	1 000	
11. Frais d'impressions et de publications....	14 000	
12. Frais de secrétariat.....	1 000	
13. Frais divers et imprévus.....	4 930	
	<hr/>	<hr/>
		45 480
Total.....		100 000

V. En terminant, nous présentons ici le Tableau des parts contributives, sur la base du budget de 100 000^{fr}, Tableau dans lequel nous avons tenu compte des plus récentes communications, relatives aux chiffres de population, qui nous sont parvenues jusqu'au moment actuel.

Tableau des parts contributives des États contractants, pour le Bureau international des Poids et Mesures (exercice de 1903).

ÉTATS CONTRACTANTS.	ANNÉE de recensement.	POPULATION.	COEFFICIENT.	FACTEUR de distribution.	FRAIS ANNUELS
					100 000 fr. — Unité : 78,186 fr. PARTS contributives.
1 Allemagne	1900	56 367 178	3	169	13 214 ^{fr}
{ 2 ^a Autriche	1897	25 518 998	3	77	6 020 }
{ 2 ^b Hongrie	1897	18 769 589	3	56	4 378 }
3 Belgique	1898	6 669 732	3	20	1 564
4 (République Argentine)..	1898	4 518 593	3	(14)	(1 095)
5 Danemark	1898	2 447 441	1	2	156
6 Espagne	1897	18 089 500	3	54	4 222
7 Etats-Unis d'Amérique..	1900	76 304 799	2	153	11 962
8 France	1896	38 517 975	3	116	9 070
9 Gr.-Bretagne et Irlande..	1901	41 454 378	2	83	6 490
10 Italie	1898	31 667 946	3	95	7 428
11 Japon	1898	46 225 782	2	92	7 193
12 Mexique	1895	12 630 863	3	38	2 971
13 (Pérou)	1896	4 559 550	3	(14)	(1 095)
14 Portugal	1890	5 049 729	3	15	1 173
15 Roumanie	1899	5 912 520	3	18	1 407
16 Russie	1897	126 368 357	2	253	19 781
17 Serbie	1899	2 413 694	3	7	547
{ 18 ^a Suède	1898	5 062 918	3	15	1 173 }
{ 18 ^b Norvège	1897	2 098 400	3	6	469 }
19 Suisse	1900	3 315 443	3	10	782
20 (Vénézuéla)	1894	2 444 816	3	(7)	(547)
TOTAUX.....				1279	100 000

Berlin et Rome, le 14 novembre 1902.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

Comme suite à l'envoi de ce Rapport, M. le **SECRETARE** constate que les deux tiers des contributions pour 1903 sont déjà rentrés.

En ce qui concerne l'établissement du Tableau des parts contributives, M. le **SECRETARE** demande à attirer l'attention du Comité sur une difficulté qui se présente chaque année. La Convention du Mètre a stipulé que ces parts contributives

seraient établies en proportion de la population de chaque État, tout en laissant au Comité le soin de s'en procurer le chiffre. Au début on avait puisé les renseignements nécessaires dans l'Almanach de Gotha, qui a, pour ainsi dire, un caractère officiel. Ensuite, en vue de connaître les changements survenus dans la population, on avait pris l'habitude de s'adresser directement aux Gouvernements. Or il se faisait que les réponses n'arrivaient pas généralement en temps utile; de sorte que le bureau a été toujours très embarrassé pour établir des Tableaux réellement à jour au point de vue de la population. Ces tableaux seraient certainement beaucoup plus exacts, si l'on revenait à la méthode de s'en rapporter à l'Almanach de Gotha. Il demande donc que le bureau soit autorisé à revenir à cette méthode.

M. D'ARRILLAGA appuie la proposition, tout en désirant que les Gouvernements soient informés de ce retour.

Après une brève discussion à laquelle prennent part MM. *Hépites*, *Mascart* et *Foerster*, la proposition est adoptée.

M. FOERSTER profite de la proposition de M. Blaserna, que le Comité vient d'adopter, pour attirer l'attention de celui-ci sur une question qui l'avait déjà préoccupé l'an dernier, à l'occasion de sa visite au Bureau international. Il se demande si, maintenant que le retour à la dotation de 100000^{fr} est un fait accompli, le moment ne serait pas venu d'étudier la révision des principes sur lesquels a été établie jusqu'ici l'échelle des contributions. Il a été, par exemple, frappé de ce fait, que le gouvernement russe, ayant déclaré facultatif le Système métrique, en même temps qu'il a accepté l'augmentation de la dotation, a vu s'accroître sa contribution dans des proportions si considérables que sa part arrive à représenter un cinquième de toute la dotation; cette part monterait à plus du quart, si, comme il faut espérer, le Système métrique devenait obligatoire en Russie.

D'autre part, on peut prévoir que, dans un avenir pas trop lointain, le Système métrique deviendra obligatoire, non seulement en Angleterre, mais encore dans ses nombreuses colonies. Cette question a été en effet très favorablement traitée, l'année dernière, dans la Conférence du Gouvernement anglais avec les principaux Ministres des colonies. En raison de l'énorme population de cet ensemble de pays réunis, la contribution de l'Angleterre avec ses colonies deviendrait tellement élevée que, ajoutée à celle de la Russie, elle formerait les deux tiers du budget total de l'Institution internationale; ce qui serait tellement anormal, qu'un semblable résultat ne pouvait entrer dans la pensée des fondateurs de la Convention.

Le système actuel de répartition est fondé sur la double considération de la population d'abord et du degré d'usage des mesures métriques dans chaque pays. En ce qui concerne cette dernière, on a établi des coefficients, qui vont de 1 à 3, selon que les États sont simplement adhérents, ou ont introduit chez eux le Système métrique, soit facultatif, soit obligatoire. Cette idée était très favorable au début de l'Institution, et a facilité l'acceptation de la Convention par beaucoup d'États. Mais maintenant les conditions ont bien changé. Presque tous les États font partie de la Convention, et la plupart ont déjà chez eux le Système obligatoire. Trois grands États, l'Angleterre, les États-Unis et la Russie, sont encore à la période facultative, avec une tendance marquée de passer au Système obligatoire.

Le moment semble donc venu, pour le Comité, d'étudier les moyens de donner au système des contributions un caractère définitif, universel, et répondant davantage aux nouvelles conditions. Une des premières conséquences de cette réforme serait de faciliter aux grands États leur passage au Système métrique obligatoire; ces idées ont déjà eu l'assentiment de quelques collègues, avec lesquels M. Foerster s'en est déjà entretenu.

M. Foerster propose donc que la Commission des

Comptes et des Finances, en collaboration avec le bureau du Comité, soit chargée d'une première étude de cette importante question, peut-être sur la base qui a été unanimement adoptée pour l'Association géodésique internationale.

M. Foerster espère que la Commission pourra déjà présenter, dès cette session, un projet préparatoire; dans le cas contraire, la question resterait à l'ordre du jour de la prochaine session, et, quand le Comité se sera entendu sur un projet définitif, il y aura lieu, pour le bureau, de le porter à la connaissance des Hauts Gouvernements, en vue de la prochaine Conférence générale.

M. BLASERNA partage tout à fait l'avis de M. Foerster. Il estime que le système des coefficients, dans le calcul des contributions, n'a plus une véritable raison d'être. En outre, il n'est pas exact de rendre la contribution strictement proportionnelle à la population, parce que certains services que le Bureau international est appelé à rendre en différents pays, comme par exemple la vérification périodique des prototypes et des thermomètres, exigent le même travail pour les petits que pour les grands États. Il y a donc lieu, tout en tenant compte de la population, de ne plus accorder à cette donnée l'importance qui lui a été attribuée jusqu'ici.

M. ÉGOROFF exprime également un avis favorable, et la proposition de M. Foerster est adoptée.

M. le PRÉSIDENT rappelle qu'un des devoirs du Comité, fixés par la Convention, consiste à aider, dans les limites de sa compétence, à la propagation du Système métrique. Depuis la dernière session, l'occasion s'est présentée plusieurs fois pour le bureau de donner des renseignements à plusieurs savants, techniciens et Sociétés d'Angleterre et d'Amérique. En Angleterre, la Conférence, déjà mentionnée, des Ministres coloniaux avec le Gouvernement a produit une sorte d'émotion parmi les partisans du Système

anglais, ce qui a donné lieu à des appréciations inexactes, et aussi à des projets de diverse nature. Sur une invitation de la *Decimal Association*, M. Foerster est intervenu, pour bien fixer les avantages principaux du Système métrique universalisé, et pour mettre en lumière certains points qui paraissaient laisser des doutes dans beaucoup d'esprits.

M. FOERSTER est d'avis que, généralement, on s'exagère les difficultés de faire entrer dans la pratique courante le nouveau système des Poids et Mesures. Pour la science, pour le grand commerce, pour la technique industrielle, ces difficultés n'existent aucunement. On les rencontre seulement dans les petites transactions de la vie ordinaire. Tel a été le cas, par exemple, pour l'Allemagne, où l'introduction en grand du Système métrique n'a rencontré aucune résistance, mais où les petits achats ont continué à se faire sur la base de la livre; il en est encore, du reste, de même en France. Certaines mesures de capacité, de surfaces agraires, ont également persisté dans les habitudes; et sous ce rapport il suffira de laisser au temps faire son œuvre, sans se croire obligé de recourir à des mesures trop coercitives.

M. FOERSTER ajoute que, dans les Etats-Unis, le Système métrique fait des progrès continuels, un très grand nombre d'institutions publiques ou savantes l'ayant déjà adopté. La grande œuvre de l'unification des Poids et Mesures dans le monde entier est donc en bonne voie de réalisation.

MM. MASCART, HÉPITES, DE BODOLA, BENOÎT et GUILLAUME appuient les observations de M. le PRÉSIDENT.

M. le PRÉSIDENT attire l'attention du Comité sur les expériences faites récemment à la *Reichsanstalt* de Berlin, concernant la mesure des hautes températures. Ces expériences ont confirmé celles faites au Bureau international,

d'où il résulte que le thermomètre à hydrogène ne saurait servir au delà d'une certaine température. Néanmoins il est d'avis, que l'échelle thermométrique normale, établie par le Bureau sur la base du thermomètre à hydrogène, conserve sa valeur définitive pour les basses et les moyennes températures; au delà de ces limites, il conviendra d'étudier une nouvelle solution. Il propose que la question soit examinée par la Commission des Instruments et des Travaux.

M. BENOÎT estime, en effet, que l'hydrogène ne peut plus être utilisé au delà de quatre ou cinq cents degrés, parce qu'il traverse alors toutes les substances; mais on pourrait le remplacer dans ce cas par l'azote.

M. MASCART demande si, à ce propos, on a déjà songé à d'autres méthodes. En ce qui concerne les mesures thermométriques fondées sur les résistances électriques, il ne croit pas que la base soit assez précise, attendu que la moindre impureté, dans les corps employés, produit des changements notables dans la résistance.

M. GUILLAUME rappelle que, d'après les expériences de M. Chappuis, la relation entre le thermomètre à hydrogène et le thermomètre à azote est sensiblement linéaire à partir de 80° environ. Il en résulte que l'échelle de l'azote et celle de l'hydrogène deviennent identiques aux températures supérieures à 80°, à la seule condition de déplacer convenablement le zéro. Le déplacement nécessaire pour atteindre ce résultat n'est que de 0,02 degré.

Il signale ensuite les travaux exécutés à la *Reichsanstalt* par M. Lummer et ses collaborateurs, et qui ont conduit à établir une échelle fondée sur la mesure des radiations, mais dont la base purement thermodynamique fait une échelle absolue au même titre que la dilatation d'un gaz parfait. Les expériences ont déjà été portées jusqu'à 2000°.

Le Comité adopte la proposition de M. le Président et

demande à la Commission des Instruments et des Travaux d'étudier la question.

M. le **SECRETÉAIRE**, en conformité avec la décision prise dans la première séance, donne lecture de la lettre suivante que le Bureau était chargé d'adresser à M^{me} veuve Cornu :

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Pavillon de Breteuil, Sèvres (S.-et-O.), le 20 avril 1903.

TRÈS HONORÉE MADAME,

Le Comité international des Poids et Mesures; en se réunissant en session biennale, ne pouvait pas commencer ses travaux sans que sa pensée se portât sur votre bien regretté époux, que nous étions si heureux de voir au milieu de nous. Aussi le Comité a-t-il été unanime à accepter la proposition de M. Mascart, de marquer le commencement de la session en vous adressant l'expression de sa profonde sympathie et de l'ineffaçable souvenir, que votre bien-aimé Cornu a laissé dans le cœur de tous ses Collègues.

Son œuvre et sa collaboration nous ont été précieuses, longtemps même avant qu'il fit partie du Comité, et laisseront dans les annales de notre Institution une trace bien plus profonde que celle que pourrait faire supposer le temps, malheureusement trop court, pendant lequel il a siégé parmi nous.

Nous vous prions donc, très honorée Madame, de bien vouloir agréer l'expression de nos profonds regrets, ainsi que l'assurance de nos sentiments les plus respectueux.

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.

La prochaine séance du Comité est fixée à mardi, 2^h30^m, à Breteuil. La Commission des Instruments et Travaux se réunira lundi à 10^h à Paris. Sur l'observation de M. de Boddola, il est entendu que M. Hépites, qui n'avait pu assister à la première séance, fera partie de cette Commission.

La séance est levée à 5^h30^m.



PROCÈS-VERBAL

DE LA TROISIÈME SÉANCE,

Mardi 21 avril 1903.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

MM. ARNDTSEN, D'ARRILLAGA, BENOÎT, BLASERNA, DE BODOLA,
ÉGOROFF, GAUTIER, HASSELBERG, HÉPITES, VOIR LANG, MASCART.

M. Guillaume, invité, assiste à la séance.

La séance est ouverte à 2^h 30^m.

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

M. LE PRÉSIDENT prie la Commission des Comptes et des Finances de présenter son premier Rapport.

A la demande de M. D'ARRILLAGA, Président de cette Commission, M. Arndtsen, rapporteur, donne lecture du Rapport suivant.

Premier Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.

La Commission des Comptes et des Finances, ayant examiné en détail les comptes et les livres du Bureau international des Poids et Mesures pour les exercices de 1901 et 1902, a trouvé qu'ils ont été tenus d'une manière parfaitement claire et irréprochable.

En outre, la Commission a constaté que toutes les dépenses sont justifiées par des pièces à l'appui; et elle propose, conséquemment,

d'approuver les comptes du Bureau pour les exercices des années 1901 et 1902, et d'en donner à M. le Directeur décharge pleine et entière.

Le Rapporteur,
A. ARNDTSEN.

Le Président,
F. DE P. ARRILLAGA.

Aucun membre du Comité ne présentant d'observation au sujet de ce Rapport, M. LE PRÉSIDENT met aux voix les conclusions de la Commission, et *le Comité approuve, à l'unanimité, les comptes du Bureau international pour les années 1901 et 1902, et en donne décharge pleine et entière à M. le Directeur.*

M. MASCART est convaincu d'être l'interprète de tous ses collègues, en remerciant Messieurs les membres de la Commission du dévouement dont ils font preuve à chaque session dans ce travail long et pénible de l'examen de la comptabilité.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Gautier, Rapporteur de la Commission des Instruments et des Travaux; M. Gautier expose que la Commission a terminé une première partie de sa tâche et donne lecture du Rapport suivant.

Rapport de la Commission des instruments et des travaux.

PREMIÈRE PARTIE.

La Commission est composée de MM. de Bodola, Egoroff, Hasselberg, Hépites, von Lang, Mascart et Gautier. Elle s'est réunie une première fois au complet et avec la présence de MM. Blaserna et d'Arrillaga, le 17 avril également, au Pavillon de Breteuil, pour visiter les installations, tant anciennes que nouvelles, du Bureau, sous la conduite de MM. Benoit et Guillaume. Elle s'est constituée, le 18 avril, à l'issue de la séance du Comité, en nommant M. von Lang président, et M. R. Gautier rapporteur.

Elle a tenu ensuite une séance à Paris, le 20 avril, séance à

laquelle tous les membres de la Commission étaient présents. Y assistaient en outre : M. Foerster, président du Comité ; M. Benoît, directeur du Bureau, ainsi que M. Guillaume, directeur-adjoint, invité par le Président. Dans cette séance, les délibérations de la Commission ont porté sur les questions suivantes relatives aux travaux du Bureau.

1. *Kilogrammes prototypes.* — La Commission approuve la proposition de M. Benoît, de commencer sans retard la vérification des prototypes disponibles au Pavillon de Breteuil, à présent que les balances sont rentrées de chez leurs constructeurs. Cette opération servira de travail préparatoire à la vérification ultérieure des prototypes nationaux.

La Commission propose au Comité de procéder à la comparaison des prototypes en série fermée, et de la faire porter sur les 9 kilogrammes suivants : 1° les 4 kilogrammes du Bureau qui ont servi aux nombreuses mesures exécutées jusqu'ici ; 2° les 4 prototypes de réserve, restés sous cloche au Pavillon de Breteuil depuis 1889 ; 3° un des témoins du Kilogramme prototype international.

2. *Étalons de 10^g et de 100^g.* — M. Benoît communique à la Commission que, jusqu'ici, une seule commande a été faite, pour la Belgique, à M. Collot, constructeur. Les poids construits par lui ont été tout récemment apportés au Bureau, et n'ont pu encore être vérifiés. Mais il est possible de fixer dès maintenant, au moins approximativement, le prix de construction et le prix de la vérification. La Commission propose au Comité que la circulaire relative à cette question soit adressée le plus tôt possible aux intéressés par les soins du Bureau.

3. *Étalons de masse de deuxième ordre.* — Il résulte du rapport de M. Benoît et des explications de M. Guillaume, que la fabrication des nouveaux alliages de nickel et de chrome obtenus aux aciéries d'Imphy a présenté des difficultés telles, que l'étude de ces alliages a dû être différée. Les essais de fabrication continuent d'ailleurs.

4. *Masse du décimètre cube d'eau.* — La Commission a pris connaissance avec intérêt des résultats obtenus par MM. Chappuis et Guillaume et relatés dans le Rapport de M. Benoît, ainsi que des explications de M. Guillaume sur les nouveaux cylindres et palpeurs qu'il compte employer. Elle constate que cet important travail con-

tinue, et que l'étude en sera reprise par M. Guillaume l'hiver prochain, dès que les conditions de température de l'eau seront favorables.

La Commission prend également acte, avec un vif intérêt, des déclarations de M. Benoît au sujet du travail entrepris en commun par le Bureau et par M. Macé de Lépinay. M. Macé de Lépinay a fait construire deux nouveaux cubes de quartz et complété ses installations à Marseille. Les pesées ont été exécutées, en ce qui concerne un des cubes, par M. Benoît, au Pavillon de Breteuil, et seront poursuivies par lui ultérieurement.

La Commission recommande au Comité d'adopter une proposition de M. Foerster, tendant à ce qu'une communication sur ces différentes questions soit transmise par le Bureau au Congrès international de Chimie appliquée, qui se réunira prochainement à Berlin.

5. *Équation du Mètre en longueurs d'onde.* — La Commission propose au Comité de confirmer les pleins pouvoirs, qu'il avait donnés en 1901 au Bureau, pour amener la collaboration complète de MM. Pérot et Fabry avec le Bureau, en vue d'une nouvelle détermination de la valeur du Mètre en longueurs d'ondes.

6. *Appareils géodésiques.* — La Commission propose au Comité de charger le Bureau de rédiger, pour être communiqué à la prochaine Conférence géodésique internationale, à Copenhague, un compte rendu des faits intéressants, relatifs aux fils et aux règles géodésiques, contenus dans le Rapport de M. le Directeur, ainsi que des résultats des comparaisons qui se font actuellement au Bureau entre les différentes règles qui y sont à l'étude.

7. *Échelle normale des températures.* — La Commission recommande au Comité d'approuver la proposition de M. Foerster, de faire rédiger, par les soins du Bureau, un Mémoire sur la détermination de l'échelle normale des températures. Ce Mémoire devrait résumer les travaux anciens, et relater les déterminations plus récentes faites par divers expérimentateurs. Le travail paraîtrait, si possible, en Annexe, dans le Volume des *Procès-verbaux* de la présente session.

Le Rapporteur,
R. GAUTIER.

Le Président,
VON LANG.

M. LE PRÉSIDENT met en discussion successivement les différents points de ce Rapport.

Le point 1, concernant la vérification des Prototypes, est adopté après quelques explications de **M. BENOÎT**.

Sur le point 2, en ce qui regarde les étalons de 10 grammes et de 100 grammes, **M. ÉGOROFF** demande si l'on n'a pas l'intention d'obtenir aussi des étalons de 1 gramme.

MM. MASCART et **BENOÎT** répondent que l'étalon de 1 gramme est trop petit, que la vérification en est très facile avec l'étalon de 10 grammes, et que cette vérification pourra d'ailleurs toujours se faire au Bureau quand on la lui demandera.

Au sujet du point 3, touchant les étalons de masse de deuxième ordre, **M. le Directeur** du Bureau déclare qu'on les construira, soit en nickel, soit en bronze blanc, jusqu'à ce que soit trouvé un autre alliage, qui puisse y être substitué convenablement.

Le point 4, concernant la masse du décimètre cube d'eau, donne lieu à quelques explications. **M. FOERSTER** rappelle que le premier chiffre publié sur la différence entre le kilogramme et le décimètre cube d'eau, qui était de la valeur de $\frac{1}{10\,000}$, avait créé une sorte d'inquiétude parmi les chimistes, qui peut-être ne se rendaient pas suffisamment compte de l'importance réelle de cette différence, et de la difficulté extrême et même de l'impossibilité réelle de la faire disparaître entièrement. Les dernières mesures sont de nature à rassurer ceux qui s'étaient montrés quelque peu troublés par le premier chiffre.

M. MASCART comprend que beaucoup de personnes ne se rendent pas bien compte de l'impossibilité d'identifier la représentation matérielle avec la définition théorique.

M. BENOÎT expose que, plus on s'avance dans l'évaluation précise de cette différence, plus on a la satisfaction de voir le chiffre s'amoinrir; que, en effet, de 120 et même de 160 milligrammes, qui avaient été indiqués dans d'anciennes délimitations, on est arrivé à ne plus trouver que deux ou trois dizaines de milligramme.

M. BLASERNA fait du reste remarquer que ces différences sont tellement minimes, qu'il a fallu dix ans de travail, avec les moyens les plus délicats que la science possède, pour pouvoir les apprécier, et qu'il faudra bien du temps encore avant de pouvoir fixer le chiffre définitif.

M. FOERSTER déclare qu'il est bien satisfait de cet échange d'observations. Il est d'avis, qu'il serait important de faire valoir ces raisons au prochain Congrès de Chimistes, qui aura lieu à Berlin au mois de juin prochain. Il demande même au Comité l'autorisation de déléguer près de ce Congrès un Membre du Bureau.

Le point 4 du Rapport est adopté en y comprenant la proposition de M. le Président.

Le point 5 se rapporte à l'équation du Mètre en longueurs d'ondes. Sur cette question réellement fondamentale, M. le Directeur expose qu'il s'agit d'une étroite collaboration de MM. Pérot et Fabry avec le Bureau international, collaboration qui exigera encore passablement de temps.

M. MASCART mentionne que M. Pérot est maintenant Directeur du Laboratoire d'Essais au Conservatoire des Arts et Métiers. Ainsi les deux grandes Institutions pourront s'aider réciproquement et en bonne harmonie.

Le point 5 est adopté.

Au sujet du point 6, qui concerne les appareils géodé-

siques, M. LE PRÉSIDENT est d'avis qu'on devrait demander à M. le Général Bassot de bien vouloir se charger d'une communication pour la prochaine Conférence de l'Association géodésique, en sa qualité de rapporteur pour la mesure des bases près de la Conférence. Il espère que M. Bassot voudra bien accepter cette tâche.

MM. BENOÎT et GAUTIER estiment qu'en effet une telle communication à la Conférence serait d'une très grande utilité, en raison de l'importance des résultats obtenus au Bureau depuis la dernière Conférence.

Le point 6 est adopté avec la proposition de M. le Président.

Le point 7 traite de l'échelle normale de température. M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que le résumé proposé rendrait un grand service, en mettant sous les yeux du public scientifique l'état actuel de la question thermométrique. Il croit, en outre, que M. Chappuis serait naturellement désigné pour se charger de cet important travail, qui devrait paraître comme annexe aux Procès-Verbaux. Si l'on n'arrivait pas à temps pour les Procès-Verbaux de cette session, on l'imprimerait à part, en tirant un grand nombre d'exemplaires.

Le point 7 est adopté.

M. LE PRÉSIDENT se préoccupe de l'ordre des travaux qui incombent encore à cette session. Il estime qu'il faudra tenir encore deux séances plénières; et, acceptant l'aimable invitation de M. Mascart, il propose que la prochaine séance ait lieu jeudi 23 avril, à 2^h, au Bureau central météorologique, et que la dernière soit tenue samedi 25 avril, à 2^h 30^m au Pavillon de Bréteuil, en raison de la visite au dépôt des Prototypes. Il serait entendu que la

Commission des Finances et celle des Instruments et Travaux se réuniraient mercredi, 22 avril, à Paris.

Ces propositions sont acceptées.

La séance est levée à 4^h 30^m.



PROCÈS-VERBAL

DE LA QUATRIÈME SÉANCE,

Jeudi 23 avril 1903.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

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

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

La séance est ouverte à 2^h.

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

M. LE PRÉSIDENT souhaite la bienvenue à M. Chappuis, Membre honoraire du Bureau, qui a bien voulu venir prendre part aux travaux de la Session.

M. LE PRÉSIDENT a été informé par M. von Lang, Président de la Commission des Instruments et Travaux, que la deuxième partie de son Rapport était prête pour la délibération, et il donne la parole à son rapporteur.

M. GAUTIER donne lecture du Rapport suivant :

Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux.

DEUXIÈME PARTIE.

La Commission s'est réunie une quatrième fois le 22 avril, à Paris. Assistaient à cette séance : MM. von Lang, Président; de Bodola,

Égoroff, Hérites, Mascart et Gautier ; puis M. Foerster, Président du Comité ; M. Benoît, Directeur du Bureau ; et MM. Chappuis et Guillaume, invités par le Président.

Les délibérations de la Commission ont porté sur les publications, le programme des travaux du Bureau international et sur diverses questions scientifiques.

PUBLICATIONS.

La Commission propose au Comité de composer le Tome XIII des *Travaux et Mémoires* des Mémoires suivants, conformément à la liste présentée par M. Benoît :

Nouvelles études thermométriques, M. CHAPPUIS, déjà imprimé.

Dilatation du mercure, M. CHAPPUIS, en épreuves.

Dilatation de l'eau, M. CHAPPUIS, en rédaction.

Sur les thermomètres à gaz et sur la réduction de leurs indications à l'échelle normale des températures, M. DANIEL BERTHELOT, rédigé.

Méthodes d'étalonnage des séries de poids, M. BENOÎT, rédigé.

Sur la résistivité du mercure, M. GUILLAUME, en rédaction.

Les travaux relatifs au décimètre cube d'eau seraient réservés pour le Tome suivant.

Sur la proposition de M. Foerster, la Commission recommande au Comité de faire établir, par les soins du Bureau, un Tableau de toutes les mesures de dilatations qui ont été exécutées, au pavillon de Breteuil, sur des substances pures ou bien définies dans leur constitution. Ce Tableau serait publié, si possible, en Annexe au Volume des *Procès-verbaux* de cette Session.

PROGRAMME DES TRAVAUX DU BUREAU.

En vertu des décisions prises par le Comité dans sa séance du 21 avril, ainsi que des propositions ci-dessus, la Commission, d'accord avec M. Benoît, propose de fixer les points principaux du programme de la façon suivante :

Étude des kilogrammes prototypes.

Étude des appareils géodésiques et des règles diverses qui sont envoyées, toujours plus nombreuses, au Bureau pour être vérifiées.

Détermination du rapport du litre au décimètre cube.

Rédaction et publication des Mémoires.

QUESTIONS DIVERSES.

Aciers au nickel. — M. Foerster demande à M. Guillaume si l'on a obtenu un alliage possédant le même coefficient de dilatation que le verre. Cet alliage serait d'une grande utilité pour la monture des grands objectifs astronomiques.

M. Guillaume répond à M. Foerster que la question a été abordée par la Société de Commentry-Fourchambault, mais que, en raison de la difficulté que présente la coulée des aciers au nickel à haute teneur, l'écroutage des pièces est très coûteux; de telle sorte que les prix de revient des montures des lentilles ont paru trop élevés. Toutefois, la question n'a pas été perdue de vue; et, s'il est possible d'obtenir des pièces coulées à surface moins profondément craquelée, les prix de revient seront sensiblement abaissés.

En revanche, on fait déjà couramment, avec des alliages ayant la dilatation du verre, des montures pour des fioles de niveau, constituées par des tiges forées; les niveaux des nouvelles règles géodésiques ont été construits sur ce principe.

Pas de vis métriques. — Pour se conformer au vœu de la Conférence de 1901, que le Comité s'occupe activement de la question de l'unification des pas de vis, la Commission propose à celui-ci de prendre les mesures suivantes :

Demander à M. Sauvage, qui avait rapporté sur ce sujet dans la dernière séance de la Conférence, de bien vouloir rédiger pour le Comité un résumé sur l'état actuel de la question, puis insérer, si possible, ce Travail comme Annexe au Volume des *Procès-verbaux* de la présente Session.

Recommander au Bureau de poursuivre, dans la mesure du possible, l'étude de l'établissement de types ou étalons fondamentaux pour les pas de vis métriques.

Le Rapporteur,
R. GAUTIER.

Le Président,
VON LANG.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que les conclusions de ce Rapport sont une reproduction des décisions prises dans la Session précédente, et qu'il n'y a pas lieu de soumettre chaque point à un vote séparé.

Après quelques observations, l'ensemble du Rapport est adopté à l'unanimité.

M. ARNDTSEN donne ensuite lecture du deuxième Rapport suivant de la Commission des Comptes et des Finances :

Deuxième Rapport de la Commission des Comptes et des Finances.

La Commission, en approuvant le Rapport de M. le Directeur, propose, en outre, de continuer la revision de nos balances de premier ordre, et d'y affecter une somme pouvant aller à 5000^{fr} environ, prise sur les disponibilités du Compte I.

La Commission recommande également d'approuver la proposition d'attendre le Règlement final de toutes les dépenses relatives à la question de la masse du décimètre cube d'eau, pour transférer ces dépenses au Compte II, par les actifs disponibles duquel elles doivent être soldées, aussi bien que les dépenses pour les travaux futurs concernant les longueurs d'onde lumineuses, conformément aux décisions prises dans les sessions antérieures.

Le Rapport de M. le Directeur laisse prévoir que, par suite de l'accroissement du budget annuel qui est mis désormais à sa disposition, la situation financière du Bureau sera, dans l'avenir, non seulement notablement améliorée, mais permettra même de réaliser quelques économies sur les recettes du Compte III.

Ces économies, en augmentant la réserve que notre Institution possède dans son Compte à la Caisse des dépôts et consignations et lui constituant un petit capital, nous paraissent être une condition indispensable pour garantir sa sécurité, et pour la mettre en état de faire, à un moment donné, les efforts exceptionnels que des circonstances nouvelles et imprévues, amenées par exemple par les progrès incessants de la science, pourraient rendre nécessaires, et en vue desquels, dans le passé, nous avons été quelquefois obligés de demander aux Gouvernements des subventions extraordinaires.

Quant aux budgets des frais annuels ordinaires pour les deux exercices suivants, la Commission se permet de soumettre au vote du

Comité le projet ci-dessous, presque identique d'ailleurs à celui de l'année courante.

PROJET DE BUDGET POUR LES EXERCICES DE 1904 ET 1905.

A. *Personnel* :

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

B. *Indemnité du Secrétaire*.....

6 000

C. *Frais généraux d'administration* :

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

45 480

Total.....

 100 000

Le Rapporteur,
A. ARNDTSEN.

Le Président,
F. DE P. ARRILLAGA.

M. BENOÎT donne des explications sur différents points de ce Rapport. Les balances du Bureau datent de 25 ans, et, ayant beaucoup servi, ont subi les outrages du temps. D'autre part, il est indispensable de se tenir au niveau des perfectionnements qui ont été apportés, dans ce long intervalle, aux balances de précision. La première et la plus importante de ces balances, la grande de M. Rueprecht, a été remise à neuf et pourvue de tous les perfectionnements, selon une décision antérieure du Comité. Ce travail de réfection a exigé de la part du constructeur beaucoup de soins et de nombreuses études, et a absorbé la totalité du premier crédit primitivement voté. Quant à la balance de Bunge, elle a été remise à neuf par le constructeur à ses propres frais, à l'occasion de la dernière Exposition universelle. Il est également nécessaire de reviser les autres balances, qui doivent aussi rester des instruments de haute précision, et pour lesquelles les études préparatoires ont déjà été faites. Il est d'autant plus facile d'obéir à cette nécessité, que les ressources disponibles permettent de faire face à cette dépense.

Ce premier point du Rapport, mis aux voix, est adopté.

M. BENOÎT attire l'attention du Comité sur le Compte II, qui depuis quelque temps n'a pas subi de changements notables. Il propose d'attendre jusqu'à la liquidation des frais accessoires pour les pièces d'optique et autres, pour les passer au Compte II. Il est entendu que cette faculté lui est laissée.

Au sujet du budget, tel qu'il a été proposé par le Bureau et la Commission, M. BENOÎT insiste sur la recommandation contenue dans le Rapport de la Commission, concernant la nécessité d'un fonds de réserve.

L'exercice de 1902 a permis de réaliser une économie d'environ 15000^{fr}, en partie aussi parce qu'on n'était pas bien sûr que la nouvelle dotation pourrait être disponible dès cette année; il avait donc fallu être très prudent dans les

dépenses. Du reste, une des raisons qui ont décidé le Comité à demander l'augmentation du budget annuel, a été d'y trouver les moyens de constituer peu à peu une réserve suffisante pour faire face à toutes les nécessités extraordinaires ou imprévues, que les incessants progrès de la science réclameront certainement. Ce fonds de réserve n'est pas moins indispensable, pour assurer la marche administrative du Bureau et son service de caisse, pour le cas, par exemple, où il se produirait des retards dans les versements des contributions.

M. ÉGOROFF appuie cet ordre d'idées; il y voit une garantie excellente pour la bonne marche de l'Institution.

M. MASCART est heureux que le Comité ait la faculté de former un fonds de réserve, sans être obligé d'absorber son budget en entier dans chaque exercice, et de pouvoir ainsi faire face à ses besoins ordinaires et extraordinaires d'une façon aussi simple que rationnelle. Il voudrait même que, dans l'établissement du budget, figurât un chapitre en vue de former ce fonds de réserve.

M. GAUTIER appuie la proposition de M. Mascart, d'autant plus que cette constitution régulière d'une réserve permettra de ne pas trop recourir aux Gouvernements pour des subventions extraordinaires sur la base de l'article 21 de la Convention.

M. BLASERNA ajoute qu'il faut se préparer, pour un temps plus ou moins rapproché, à se tenir au niveau de la Science par un remaniement des instruments et de l'outillage scientifique du Bureau. S'il fallait, par exemple, acquérir un nouveau comparateur, il s'agirait tout de suite d'une somme bien supérieure aux disponibilités d'un budget annuel.

Le budget [des dépenses pour l'exercice 1904 et 1905 est

adopté avec la modification proposée par M. Mascart, dont il est tenu compte immédiatement.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à **M. d'Arrillaga**, Président et Rapporteur de la Commission des Comptes et des Finances, au sujet de l'étude demandée par le Comité, pour un nouveau projet de l'échelle des contributions.

M. d'ARRILLAGA donne lecture du Rapport suivant :

Le bureau du Comité et la Commission des Finances réunis, d'après la décision prise à la deuxième séance, pour s'occuper des anomalies résultant de l'application des facteurs de distribution des contributions annuelles des États signataires de la Convention de 1875, ont commencé par examiner la nécessité et l'opportunité d'une révision à ce sujet.

La distribution actuelle est fondée sur la double base de la population et de l'état légal, dans chaque pays, de l'adoption du Système métrique.

Au début de notre entreprise, cette manière de procéder a sans doute facilité l'adhésion de beaucoup d'États. Mais le développement de l'Œuvre internationale a très récemment mis en évidence l'équité qu'il y aurait à renoncer à la combinaison de ces deux éléments, surtout à cesser d'introduire des coefficients si peu gradués 1, 2 et 3, selon la simple adhésion à la Convention ou l'usage facultatif ou obligatoire du Système métrique.

Les dernières dispositions légales sur les Poids et Mesures de la Russie ont doublé, par suite de l'application du coefficient 2, la quote-part annuelle de l'Empire, de telle sorte qu'elle est à présent la cinquième partie du budget total. Et si, comme toutes les prévisions le font espérer, l'Angleterre venait à déclarer obligatoire l'emploi du Système métrique pour la métropole et pour les colonies, qui en ont exprimé le désir, sa part contributive et celle de la Russie composeraient les deux tiers du total des contributions.

Il est évident que telle n'a pas été l'idée de la Convention, ni de son Règlement. Le moment est donc venu de penser à une révision de la base de détermination des parts contributives des États contractants.

Or, les bénéficiaires, que les différents pays tirent de notre Institution, sont en grande partie indépendants de la condition légale du Système métrique, ou ne sont nullement dans la proportion de 1, 2, 3. Il faut,

par conséquent, rejeter l'idée de ces coefficients ou d'autres, qu'on pourrait fonder sur un principe qui n'est pas tout à fait de justice.

Quant à la simple proportion des facteurs de distribution avec la population, elle offre aussi de graves inconvénients. En premier lieu, on ne doit pas admettre, que la proportion s'applique indéfiniment à tout accroissement de la population, qui est naturellement plus grand pour les grands États. En second lieu, on est obligé de refaire les calculs à chaque recensement, ou à chaque nouveau dénombrement des habitants.

D'autre part, la Convention et son Règlement ont reconnu la même personnalité aux petits États qu'aux grands.

La base de la population est juste; mais il faut éviter les inconvénients de la stricte proportion avec le nombre des habitants. A cet effet, il semble que le moyen est de fixer une échelle non indéfinie par groupes. L'exemple nous est donné par une association analogue à notre Institution, du même caractère, et, comme la nôtre, réglée par une convention diplomatique, savoir l'Association géodésique internationale pour la mesure de la Terre.

Nous nous sommes, par ces raisons, déterminés à suivre cet exemple.

L'échelle serait formée de six groupes, et en établissant les mêmes différences que pour l'Association géodésique, les parts contributives changeraient de la manière exprimée dans le Tableau suivant :

Population en millions.	Moyennes des quotes actuelles.	Nombre d'États.	Quotes-parts nouvelles de chaque État.	Sommes par groupes.
	fr		fr	fr
0- 5...	677	6	900	5 400
5- 10...	1 328	4	1 400	5 600
10- 20...	3 821	3	4 000	12 000
20- 50...	6 968	5	7 000	35 000
50-100...	12 109	2	12 000	24 000
Plus de 100...	19 766	1	18 000	18 000
		21		100 000

Ces résultats ont été soumis à une petite correction, à cause de certaines anomalies, que M. Blaserna a fait ressortir, en traçant une

courbe, que nous avons le plaisir de mettre sous vos yeux, et d'après laquelle nous nous sommes finalement arrêtés aux chiffres de cet autre Tableau :

Population en millions.	Moyennes des quotes actuelles.	Nombre d'États.	Quotes-parts nouvelles de chaque État.	Sommes par groupes.
	fr		fr	fr
0- 5...	677	6	800	4 800
5- 10...	1 328	4	1 700	6 800
10- 25...	3 821	3	3 800	11 400
25- 55...	6 968	5	7 000	35 000
55-100...	12 109	2	12 000	24 000
Plus de 100...	19 766	1	18 000	18 000
		21		100 000

Cette première étude, bien entendu, ne peut pas aboutir à une décision du Comité, qui n'a point d'attributions à cet effet. C'est seulement un avant-projet de résolution à proposer à la prochaine Conférence générale, et qui pourrait peut-être aussi servir de base à des Communications du Comité avec les hauts Gouvernements des États contractants.

*Le Président de la Commission des finances,
Rapporteur,*

F. DE P. ARRILLAGA.

MM. HASSELBERG, DE BODOLA, BENOÎT, BLASERNA, FOERSTER, MASCART, D'ARRILLAGA, ÉGOROFF, GAUTIER, VON LANG prennent la parole, soit pour demander ou fournir des explications, soit pour formuler des vues nouvelles. De cet échange d'observations, M. le PRÉSIDENT conclut qu'il serait utile de réunir encore une fois la Commission, en priant tous les collègues, qui le désireraient, de prendre part à cette nouvelle réunion, qui est fixée au vendredi 24 avril, à 3^h, à Paris. La Commission est chargée d'apporter un rapport complémentaire à la dernière séance du Comité, qui aura lieu samedi 25 avril à 2^h 30^m au Pavillon de Breteuil.

Sur l'invitation de M. le PRÉSIDENT, M. GUILLAUME prend la parole pour la première partie de sa communication sur les propriétés physiques des aciers-nickels.

La séance est levée à 4^h 30^m.



PROCÈS-VERBAL

DE LA CINQUIÈME SÉANCE,

Samedi 25 avril 1903.

PRÉSIDENCE DE M. FOERSTER.

Sont présents :

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

MM. CHAPPUIS et GUILLAUME, invités, assistent à la séance.

La séance est ouverte à 2^h 30^m.

M. LE SECRÉTAIRE donne lecture du Procès-verbal de la quatrième séance, qui est adopté.

M. le Secrétaire communique la lettre suivante, que M^{me} Cornu a bien voulu adresser à M. le Président :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Permettez-moi de vous dire combien je suis touchée par la lettre que vous m'avez adressée au nom du Comité international des Poids et Mesures. C'est pour moi une consolation de voir que mon cher mari n'est pas oublié par les Collègues qu'il aimait et avec lesquels il avait tant de plaisir à se réunir. Veuillez être assez bon, Monsieur le Président, pour transmettre mes remerciements reconnaissants aux membres du Comité international, et croire à mes sentiments les plus distingués.

ALICE CORNU.

M. LE PRÉSIDENT, avant de passer à l'ordre du jour, est heureux de pouvoir remplir un devoir de reconnaissance,

et est certain de répondre aux sentiments de tous les Membres du Comité, en exprimant à M. Benoît, qui se prépare à célébrer le vingt-cinquième anniversaire de son activité au Bureau, les plus vives félicitations. Pendant ce quart de siècle, M. Benoît, tant comme savant attaché au Bureau que comme Directeur, a fait preuve d'une compétence scientifique exceptionnelle, ainsi que d'un zèle et d'un dévouement incessants à l'œuvre internationale, à laquelle il a consacré ses forces et sa vie. M. Foerster espère que le Bureau profitera longtemps encore de ses services et de son concours.

M. BENOÎT est très touché de cette marque de bienveillante amitié de la part de M. le Président et de tout le Comité, auxquels il exprime toute sa reconnaissance pour la grande sympathie qui lui a singulièrement facilité l'accomplissement de sa tâche. Il est d'autant plus ému au souvenir de ce long temps déjà écoulé, invoqué par M. le Président, que bien peu des membres, qui sont actuellement ici, ont connu les temps difficiles du début de l'organisation internationale.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans sa dernière séance, le Comité a chargé la Commission des Comptes et des Finances de procéder à une étude complémentaire, au sujet de quelques amendements émanant de membres du Comité sur la réforme projetée de l'échelle des contributions.

M. D'ARRILLAGA, Président de cette Commission, informe que celle-ci s'est en effet réunie avec le concours de la plupart des membres du Comité, et qu'elle a pris en considération une proposition de M. de Bodola, basée du reste sur les mêmes principes qui avaient jusque-là guidé le Comité; mais offrant le double avantage d'une forme plus simple et plus continue. Il demande que la parole soit donnée à ce sujet à M. de Bodola.

M. DE BODOLA fait l'exposé suivant :

Propositions concernant les contributions des États.

Dans le projet de répartition des contributions proposé au Comité dans sa dernière séance, deux points sont surtout à considérer :

- 1° La suppression des coefficients relatifs à la législation ;
- 2° La classification des pays en groupes déterminés par des limites de population.

L'adoption des coefficients avait sa raison d'être au début de l'organisation internationale, alors que le Système métrique était beaucoup moins répandu qu'il ne l'est aujourd'hui. Ainsi, en 1878, sur 18 États ayant adhéré à la Convention du Mètre, 10 seulement possédaient le Système métrique obligatoire, tandis qu'aujourd'hui, sur 21 États ayant adhéré, 16 ont définitivement adopté le Système métrique. Le nombre des États pour lesquels le Système métrique n'est pas encore obligatoire diminue rapidement, et l'on peut espérer que, dans un petit nombre d'années, le même coefficient devrait être appliqué à tous les États; donc, comme il s'agit aujourd'hui de préparer un projet financier pour la Conférence générale de 1907, il semble tout indiqué de faire disparaître la distinction qui avait été établie au début.

Mais alors apparaît un réel inconvénient du mode de distribution que consacre la Convention du Mètre. Quelques États adhérents pourraient prendre une position si exceptionnelle dans les parts contributives, que la situation financière de notre Institution internationale ne serait plus en harmonie avec le caractère international qu'elle doit avant tout conserver.

La classification par groupes d'États, qui a été proposée, tient compte de cette circonstance, en consacrant le principe d'un minimum et d'un maximum.

Mais cette répartition présente quelques inconvénients. Quelle que soit l'échelle adoptée, les contributions procèdent par sauts brusques; de telle sorte, en particulier, que des États ayant des populations presque égales peuvent avoir à payer des sommes sensiblement différentes; de plus, les augmentations de la population produiraient, à un certain moment, des changements considérables dans les contributions d'un État, en même temps qu'il en résulterait

la nécessité de recalculer toute la répartition sur une nouvelle base. Cette même nécessité, de refaire une nouvelle répartition s'imposerait à toute nouvelle adhésion à la Convention du Mètre. Enfin, le groupement contient une large part d'arbitraire, dont les inconvénients reparaitraient à toute modification dans les répartitions, due à des faits qui ne peuvent manquer de se produire assez fréquemment.

L'adoption d'un maximum et d'un minimum, tout en consacrant, il est vrai, un principe posé arbitrairement, réduit l'arbitraire dans la mesure du possible, puisqu'il n'intervient que pour les limites, et non pour le groupement. Pour le reste, tout l'arbitraire disparaît, si l'on conserve le principe adopté jusqu'ici, modifié par la disparition des coefficients 1, 2 et 3 : celui d'une quoté-part proportionnelle à la population.

Dans cette idée, deux projets pourraient être examinés : le premier consisterait à faire intervenir, dans le calcul de la contribution, deux termes, dont l'un serait constant et dont l'autre augmenterait avec la population jusqu'à un certain maximum ; mais, si le terme constant était important, il établirait un minimum trop élevé pour les petits États ; si, au contraire, il était faible, il serait insignifiant pour les grands États.

De toutes façons, il semble préférable d'adopter une autre échelle, consistant dans la fixation d'un minimum et d'un maximum, avec une répartition proportionnelle à la population entre ces deux limites.

La méthode de l'établissement du Tableau des parts contributives deviendrait simple et très pratique : on calculerait d'abord les parts contributives proportionnellement à la population ; puis on ramènerait au minimum les contributions des États qui sont au-dessous de la limite inférieure, au maximum celles qui sont au-dessus de la limite supérieure. On retrancherait le total des maxima et des minima de la dotation totale, puis on répartirait la somme restante entre les autres États, proportionnellement à leur population ; si, par ce nouveau calcul, un État dépassait les limites du maximum ou du minimum, on referait la répartition.

Ce système a l'avantage, tout en conservant le principe, admis ordinairement, d'un maximum et d'un minimum, de supprimer les sauts, et d'établir une règle définitive, avec un mode de calcul ne laissant plus aucune place à l'arbitraire.

Quant au chiffre du maximum et du minimum, il semble qu'on

doive les fixer de manière à ne pas augmenter trop les contributions des petits États, qui, dans une répartition proportionnelle sans limites, seraient peu inférieures à 500^{fr}; et, pour le maximum, il serait nécessaire de diminuer un peu la quote-part actuelle de la Russie, qui, telle qu'elle est actuellement, semble déjà exagérée, et le serait plus encore lorsque le principe de la proportionnalité sans coefficients aurait été admis.

En même temps, il convient, dans l'établissement du maximum, de faire en sorte que la quote-part des États, ayant déjà le Système métrique obligatoire, ne soit pas trop considérablement modifiée. On augmentera la quote-part des États qui contribuent aujourd'hui sur la base d'un coefficient inférieur à 3, et l'on diminuera un peu celle des autres États, à l'exception de ceux qui se trouveraient au-dessous du minimum proposé. Mais il ne semble pas utile d'apporter des diminutions considérables aux contributions des États qui possèdent déjà le Système métrique obligatoire.

J'ai fait un calcul de répartition, en supposant pour le minimum la valeur 500^{fr}, et pour le maximum les deux valeurs de 18000^{fr} et de 15000^{fr}; le Tableau ci-dessous contient les parts contributives dans ces deux hypothèses. Dans le premier cas, la Russie atteint seule le maximum; dans le second, les États-Unis y arrivent aussi, et leur quote-part se trouve moins fortement augmentée, comme aussi la participation des autres États est moins fortement diminuée. C'est ce maximum de 15000^{fr} qu'il me semblerait préférable de voir adopter par le Comité; le Tableau ci-joint permet de voir immédiatement quelles seraient les modifications des contributions dans les deux cas.

États.	Population en millions.	Contribution				
		actuelle.	lim.		2 — 1.	3 — 1.
		1.	500-18000.	500-15000.		
Allemagne.....	56,367	13214	11326	11903	—1888	—1311
Autriche... ..	25,519	6020	5128	5329	— 892	— 631
Hongrie.....	18,770	4378	3771	3964	— 607	— 414
Belgique.....	6,670	1564	1340	1409	— 224	— 155
Rép. Argentine.....	4,519	(1095)	908	954	— 187	— 141
Danemark.....	2,447	156	500	500	+ 344	+ 344
Espagne.....	18,089	4222	3635	3820	— 587	— 402
États-Unis.....	76,305	11962	15332	15000	+3370	+ 3038
France.....	38,518	9070	7739	8134	—1331	— 936
Gr. Br. et Irlande.....	41,455	6490	8330	8754	+1840	+2264
Italie.....	31,668	7428	6363	6687	—1065	— 741
Japon.....	46,226	7193	9288	9762	+2095	+2569
Mexique.....	12,631	2971	2538	2667	— 433	— 304
Pérou.....	4,560	(1095)	916	963	— 179	— 132
Portugal.....	5,050	1173	1015	1066	— 158	— 107
Roumanie.....	5,913	1407	1138	1249	— 219	— 158
Russie.....	126,368	19781	18000	15000	— 1781	— 4781
Serbie.....	2,414	547	500	510	— 47	— 37
Suède.....	5,063	1173	1017	1069	— 156	— 104
Norvège.....	2,098	469	500	500	+ 31	+ 31
Suisse.....	3,315	782	666	700	— 116	— 82
Vénézuéla.....		
Sommes.....	533,965	100000	100000	100000		

(+2190)

En proposant au Comité d'accepter le principe précédemment exposé, et en demandant d'adopter un maximum se rapprochant plus du chiffre inférieur que du chiffre supérieur indiqué ci-dessus, j'ajoute qu'il me paraît désirable d'établir, en principe, que la répartition des contributions sera fixée pour six années, à l'époque de chacune des Conférences générales. Si toutefois il se produisait, dans l'intervalle de deux Conférences, de nouvelles adhésions à la Convention du Mètre, les changements qui en résulteraient dans l'établissement des parts contributives seraient opérés par les soins du Comité.

LOUIS DE BODOLA.

M. d'ARRILLAGA, en résumant cet exposé, insiste sur ce fait que la suppression des coefficients, ainsi que le principe d'un maximum et d'un minimum dans les chiffres des contributions, se trouvent dans le système de **M. de Bodola**, tout aussi bien que dans les premiers projets de la Commission.

Celle-ci n'a donc aucune objection à formuler à l'égard de cette nouvelle proposition, et elle se rallie même à l'idée de faire descendre le maximum jusqu'au chiffre de 15 000^{fr.} Il serait donc d'avis que le bureau, après s'être mis en rapport avec les Gouvernements, puisse arriver à la prochaine session du Comité avec un projet définitif, destiné à être présenté aux délibérations de la prochaine Conférence générale.

M. LE PRÉSIDENT constate que l'opinion du Comité lui paraît être déjà fixée sur quelques points fondamentaux de la réforme projetée. Il lui paraît indiqué de soumettre chacun de ces points à un vote séparé.

Le premier concerne la suppression des coefficients dans le calcul du tableau des contributions. Cette suppression, mise aux voix, est adoptée à l'unanimité.

Le deuxième point se rapporte à l'échelle continue entre les limites d'un maximum et d'un minimum. **M. le Président** fait remarquer, que la première pensée avait été celle de se rapprocher autant que possible du mode de réparti-

tion adopté par diverses institutions et spécialement par l'Association géodésique internationale; mais il reconnaît bien volontiers que le système, proposé par M. de Bodola et appuyé par la Commission, se rapproche davantage du mode de répartition actuellement existant dans la Convention du Mètre. Il propose donc de l'accepter en principe, c'est-à-dire de décider qu'il doit y avoir un minimum et un maximum, et que, entre ces deux limites, il y aura une répartition, pour chaque État, proportionnelle à sa population.

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

M. le Président, prenant acte de ce vote, rappelle que M. de Bodola propose comme minimum le chiffre de 500^{fr}, et comme maximum soit le chiffre de 18 000^{fr}, soit celui de 15 000^{fr}. Il déclare que les deux chiffres, comme maximum, répondent à des considérations dont on pourrait avoir à tenir compte. Il lui paraît donc qu'il conviendrait de laisser au bureau du Comité, à l'égard de ces deux chiffres, une certaine latitude, en vue des négociations avec les Gouvernements. Son sentiment personnel serait en faveur du chiffre de 15 000^{fr}.

M. MASCART appuie l'idée de M. le Président, de laisser au bureau la latitude nécessaire aux négociations; cependant il lui semble utile que le Comité indique en même temps, par un vote, sa préférence pour l'un ou pour l'autre de ces chiffres. Le bureau trouverait dans ce vote un appui pour ses pourparlers ultérieurs, sans pourtant être lié d'une façon formelle. En ce qui le concerne, M. Mascart se rallie tout à fait au chiffre de 15 000^{fr}.

Après quelques autres explications, le Comité décide, à l'unanimité, que le minimum devrait être de 500^{fr}, et le maximum, s'il est possible, de 15 000^{fr}, sans que pour cela le bureau soit engagé d'une façon formelle.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'il y a encore à délibérer sur

un point. M. de Bodola propose que le tableau de répartition des contributions soit établi pour une période de six en six ans, à l'époque de chaque Conférence générale.

M. GAUTIER fait remarquer, qu'il n'est pas dans la compétence de la Conférence d'établir elle-même ce tableau, qui doit être réservé soit au Comité, soit à son bureau.

M. FOERSTER répond qu'on demandera seulement à la Conférence d'approuver une fois pour toutes le nouveau mode de répartition, et de décider, en même temps, qu'on tiendra compte du mouvement de population seulement de six ans en six ans.

M. BLASERNA ajoute qu'on prendra les chiffres des populations sur l'Almanach de Gotha, pour l'année correspondant à celle de la Conférence générale, et que ces chiffres resteront en vigueur jusqu'à la Conférence suivante. Il doit du reste être bien entendu que, d'après la décision de la deuxième Conférence générale, le tableau des contributions devra être modifié, même dans l'intervalle d'une Conférence à l'autre, toutes les fois qu'un des États adhérents aura laissé passer trois années sans faire ses versements, et aussi chaque fois qu'un nouvel État entrera dans la Convention.

M. GAUTIER se rallie entièrement à ces considérations.

M. D'ARRILLAGA, Président de la Commission des Comptes et des Finances, et M. BENOÎT, Directeur du Bureau international, appuient également ces propositions, qui sont adoptées.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'ensemble des différents points déjà acceptés séparément, qui est adopté à l'unanimité.

M. GUILLAUME prend la parole pour la deuxième partie de

sa communication sur les propriétés physiques des aciers-nickels.

M. LE PRÉSIDENT, en remerciant **M. Guillaume** de sa communication, informe qu'elle sera insérée, si possible, comme annexe dans les *Procès-verbaux* de la présente session.

Constatant que l'ordre du jour de cette session est épuisé, il demande à **MM.** les membres du Comité de fixer la date pour la prochaine réunion du Comité, qui doit avoir lieu en 1905. Le Comité se décide pour le mois d'avril, en laissant au bureau le soin de fixer le jour de l'ouverture.

Sur la proposition de **M. le Président**, le Comité autorise son bureau à approuver le Procès-verbal de cette dernière séance.

M. LE PRÉSIDENT, avant de clore la session, invite les Membres du Comité à la visite ordinaire du caveau des Prototypes.

Cette visite a lieu, et le procès-verbal suivant en est dressé :

Le 25 avril 1903, à 4^h30^m de l'après-midi, en présence des membres du Comité international présents à la séance de ce jour et du personnel scientifique du Bureau international, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

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

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

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

Thermomètre Tonnelot à mercure et alcool, à maxima et minima :

Température actuelle.....	11,4 ^o
» maxima.....	11,9
» minima.....	9,9

Thermomètre bimétallique à maxima et minima : indications très sensiblement identiques.

Hygromètre à cheveux..... 97 pour 100

On a constaté que la pression de l'air, dans le tube de verre fermé contenant le témoin n° 13, était de 1^{cm} environ, c'est-à-dire qu'elle n'a pas varié d'une quantité appréciable depuis la précédente visite.

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

25 avril 1903.

Le Directeur du Bureau international,
RENÉ BENOÎT.

M. le Président déclare close la session de 1903.

La séance est levée à 5 heures.

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

Le Secrétaire,
P. BLASERNA.

Le Président,
W. FOERSTER.



ANNEXES
AUX
PROCÈS-VERBAUX DE 1903.

ANNEXE I.

ESSAI D'UNE THÉORIE DES ACIERS AU NICKEL,

PAR M. CH.-ÉD. GUILLAUME.

Les propriétés que présentent les alliages du fer avec le nickel sont si inattendues et paraissent à première vue si bizarres, qu'on a pu douter tout d'abord qu'il fût possible de les rattacher, par une théorie générale, à un petit nombre de faits primordiaux, dont les anomalies observées ne fussent que des conséquences naturelles et logiques.

Ce qu'on observe, en premier lieu, c'est qu'en effet les propriétés essentielles du fer et du nickel ont disparu de leurs alliages, et l'on est alors conduit à considérer ces derniers non point comme des mélanges, mais comme de véritables combinaisons chimiques. Cette idée se trouve singulièrement renforcée si l'on remarque que les alliages correspondant à des formules telles que Fe^2Ni ou Fe^3Ni possèdent des propriétés particulièrement nettes, constituant en quelque sorte le maximum des anomalies constatées. C'est donc dans cette direction des combinaisons définies que j'ai d'abord cherché à établir une théorie des aciers au nickel, dont j'ai présenté une première ébauche au Comité international dans sa session de 1899.

Cependant, cette théorie n'était pas en tous points satisfaisante; elle ne rendait compte qu'insuffisamment de la continuité trouvée dans la variation des propriétés des alliages, et l'on pouvait espérer, en cherchant dans une autre voie, trouver un accord plus parfait entre les idées et les faits.

S'il est exact que, à première vue, les propriétés essentielles des constituants n'existent pas dans les alliages dont nous nous occupons, on reconnaît bientôt néanmoins, lorsqu'on examine les faits de plus près, que les propriétés qui avaient disparu se manifestent dans des conditions particulières, considérablement déformées, il

est vrai, et surtout fortement déplacées dans l'échelle des températures. En réalité, les divers états du fer et du nickel se retrouvent dans leurs alliages, et l'on peut y saisir aisément le passage d'un état à l'autre, mais — et ceci est à retenir — dans des conditions très différentes de celles dans lesquelles s'effectue ce passage dans les métaux isolés.

Partant de cette observation, on peut établir une théorie complète des aciers au nickel, qui, malgré les quelques obscurités qu'elle laisse encore subsister, semble susceptible d'expliquer tous les faits connus. Proposée d'abord par M. Le Chatelier et M. Osmond, cette théorie allotropique m'a paru d'autant plus satisfaisante que j'ai pu la mettre à l'épreuve sur un plus grand nombre de faits comparés. C'est celle que je vais essayer d'exposer.

PROPRIÉTÉS DU FER ET DU NICKEL.

Lorsqu'on laisse un morceau de fer pur se refroidir à partir d'une température élevée, on observe, dans la courbe de refroidissement, au moins deux arrêts, dont l'un, assez brusque, se produit au voisinage, de 890° et dont l'autre, plus adouci, commence à 755° , et se termine beaucoup plus bas sans limite bien nette. Cette production de chaleur, à deux températures différentes, est l'indice de deux transformations du fer; ce métal existe donc à trois états distincts, que M. Osmond a désignés par les lettres α , β et γ ; le dernier est l'état naturel aux températures élevées, le premier existe seul aux températures ordinaires.

Dans le fer pur, les transformations sont réversibles; mais elles cessent de l'être lorsque le fer est mélangé à un corps tel que le nickel, le manganèse ou le carbone. De plus, les additions faites au fer pur abaissent les points de transformation, et, généralement, les rapprochent jusqu'à les amener à se confondre en un seul. L'une des variétés du fer, le fer β , semble alors avoir disparu.

D'autres propriétés du fer se modifient dans le passage par les points de transformation : au-dessus du point le plus élevé A_3 , le fer est faiblement magnétique et suit les lois de Curie; sa susceptibilité magnétique est indépendante du champ, et elle est inversement proportionnelle à la température absolue. A l'état β , le magnétisme est plus prononcé, tout en restant très faible; il ne suit plus les lois ci-dessus énoncées. Le fer α est le fer magnétique ordinaire, dont le magnétisme apparaît assez brusquement à 775° et aug-

mente ensuite lentement lorsque la température s'abaisse, sans qu'on puisse assigner une limite à la transformation.

D'après les expériences de M. Le Chatelier, le passage du fer γ au fer β est accompagné d'une brusque augmentation du volume, tandis que le changement inférieur n'est marqué par aucune anomalie sensible dans la courbe de la contraction.

On sait depuis longtemps que la formule quadratique exprimant la dilatation du fer est affectée d'un deuxième terme relativement important. La dilatabilité vraie augmente donc rapidement avec la température, et les mesures directes de M. Le Chatelier ont montré que cette dilatabilité, qui est égale à 11,5 millièmes environ aux températures ordinaires, atteint 17,5 millièmes ⁽¹⁾ vers 900°. L'inclinaison de la courbe est peu différente dans les deux régions qui se rejoignent au point A₃; les deux courbes dans lesquelles finit le fer β ou commence le fer γ sont sensiblement parallèles, mais se trouvent déplacées, dans le sens des ordonnées, de 3^{mm} par mètre environ; c'est-à-dire que la contraction linéaire qui se produit dans le passage du fer β au fer γ est de 3 millièmes.

Le nickel éprouve aussi, à 340°, une transformation réversible, caractérisée par la disparition définitive du ferro-magnétisme au réchauffement et par sa réapparition au refroidissement. Le dégagement de chaleur dans cette région de température, sans être très marqué, est cependant sensible; mais il ne semble pas que le nickel éprouve, à aucune température, une variation brusque de volume. Seulement la courbure de la ligne représentant la dilatation en fonction de la température est notablement moindre aux températures élevées qu'aux températures basses, auxquelles le phénomène est d'ailleurs si régulier qu'en extrapolant jusqu'à 250° les résultats de mes propres expériences sur la dilatation du nickel, on retrouve presque identiquement les valeurs mesurées directement par MM. Holborn et Day.

On sait aussi que l'addition au nickel d'un métal non magnétique abaisse sa température de transformation et finit par annuler son magnétisme aux températures ordinaires, ou même à des températures très basses.

(¹) D'après une publication récente de MM. Charpy et Grenet (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, t. CII, p. 464, avril 1903), cette dilatation est voisine de $\frac{20}{1000000}$, valeur qui rend mieux compte que celle indiquée par M. Le Chatelier des dilatations trouvées pour les aciers-nickels non magnétiques.

La dilatation du nickel à l'état non magnétique est sensiblement égale à celle qu'il subit à l'état magnétique aux mêmes températures. J'ai trouvé ce fait vérifié à la fois par l'étude du nickel-chrome, non magnétique pour de faibles additions de chrome, et des alliages du nickel avec de fortes proportions de cuivre, dont la dilatation suit sensiblement la loi des mélanges, en admettant pour le nickel la dilatation trouvée dans le métal pur à l'état magnétique.

Nous verrons bientôt comment ces indications peuvent être utilisées dans l'établissement de la théorie qui nous occupe.

PROPRIÉTÉS DES ACIERS AU NICKEL.

Les nombreuses communications déjà faites au Comité international, concernant les propriétés des aciers au nickel, me dispensent d'en donner ici le détail. Je pourrai me borner à les rappeler, en insistant surtout sur les corrélations qui existent entre elles, et en faisant ressortir l'unité de cause qu'elles permettent de prévoir.

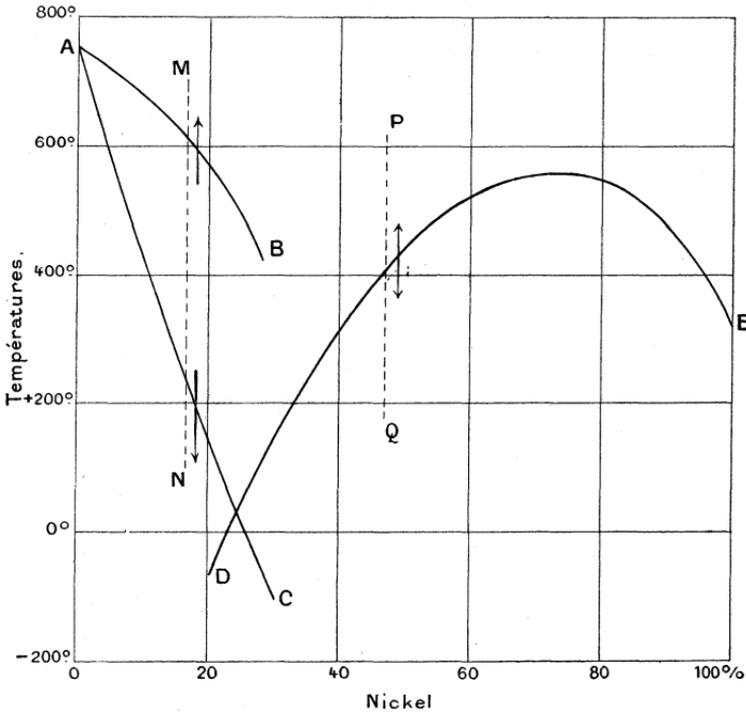
Nous venons de voir que les additions au fer de corps étrangers amènent ses deux transformations à se confondre. D'après M. Osmond, le fer contenant 4 pour 100 de nickel ne possède plus qu'un point de transformation à température descendante; à 8 pour 100, les deux transformations sont confondues aussi à température ascendante. Comme nous ne nous occuperons que des alliages à haute teneur en nickel, nous n'aurons à envisager qu'une transformation; et, puisque le changement des propriétés magnétiques est le plus aisé à constater, nous pourrons prendre l'apparition et la disparition du magnétisme comme indice des transformations des alliages.

Portons en abscisses (*fig. 1*) les teneurs des alliages en fer et en nickel. A l'extrémité gauche du diagramme, nous représenterons le fer pur; à droite, le nickel pur; et, entre ces deux points, tous les alliages du fer et du nickel, en compositions centésimales. En ordonnées, nous porterons les températures; les courbes AB, AC, DE nous donneront alors les températures où le magnétisme apparaît ou disparaît pour les alliages dont la composition est définie par les abscisses. Les courbes, telles qu'elles sont tracées au diagramme, correspondent à des alliages industriels de fer et de nickel, et non à des alliages purs; pour ces derniers, très difficiles à préparer, la courbe AC devrait être un peu remontée.

Nous voyons que, dans les alliages riches en fer, les transformations sont données par deux courbes distinctes: l'une, AC marque

l'apparition du magnétisme à température descendante, l'autre AB, indique sa disparition à température ascendante. Entre ces deux courbes, l'alliage est magnétique ou non magnétique suivant que la région intermédiaire est atteinte en remontant des températures in-

Fig. 1.



férieures à AC, ou en descendant de celles qui sont supérieures à AB.

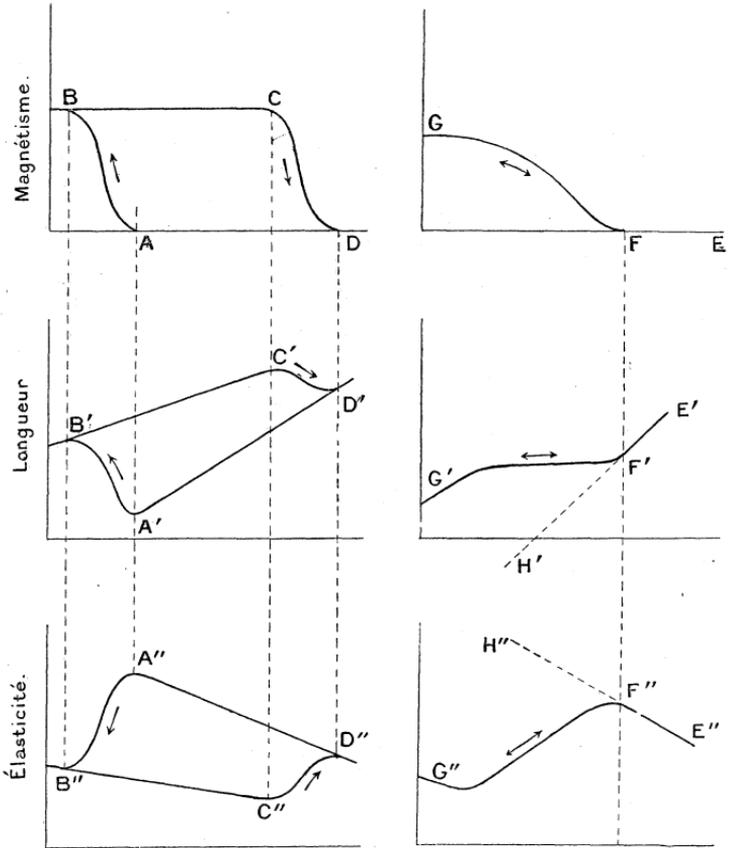
Dans la partie droite du diagramme, au contraire, le phénomène est régi, au moins en première approximation, par une seule courbe DE, à la traversée de laquelle le magnétisme apparaît ou disparaît.

Ainsi que l'a montré M. Dumas, les courbes se traversent de telle sorte, par exemple, qu'à droite du point de croisement de AC et DE un alliage faiblement refroidi perd son magnétisme en traversant DE de bas en haut, tandis qu'il le conserve s'il a été refroidi de manière

à avoir atteint des températures inférieures à AC. Je reviendrai plus loin sur ce fait intéressant.

Supposons, maintenant, que nous prenions, comme troisième coordonnée, perpendiculaire au plan du tableau, la valeur d'une des trois

Fig. 2.



propriétés : susceptibilité magnétique, allongement relatif d'une barre d'alliage, et module d'élasticité. Nous pourrions alors définir des surfaces qui donneront la valeur de chacune de ces propriétés en fonction de la teneur et de la température. Pour nous représenter approximativement la forme de ces surfaces, il suffira d'en faire des

coupes par des plans verticaux, perpendiculaires au plan de la figure 1.

En opérant ainsi, nous sommes conduits au tracé des diagrammes (fig. 2). Les températures sont portées ici en abscisses, la valeur de la propriété considérée en ordonnées. Les courbes de gauche se rapportent à la coupe MN, celles de droite à la coupe PQ du précédent diagramme.

Nous voyons d'abord que, si l'on refroidit un alliage à faible teneur en nickel, le magnétisme apparaît à une certaine température, augmente graduellement et atteint bientôt une valeur limite. Si l'on réchauffe, le magnétisme se conserve jusqu'à ce que, à une température élevée, il commence à baisser rapidement, pour s'annuler un peu plus haut (1). Les deux régions de transformation ne peuvent être parcourues que dans un sens.

Le deuxième diagramme nous montre les variations de longueur d'une barre du même alliage. Partant d'une température élevée, cette barre se raccourcit en partant de D' jusqu'au point A'. Si l'on refroidit encore, la barre s'allonge suivant A'B'; puis, lorsqu'on réchauffe, elle s'allonge suivant B'C', et, enfin, rejoint le point D', en se contractant de nouveau le long de C'D'. L'inclinaison de la ligne AD est de 18 millièmes; celle de B'C' de 10 à 11 millièmes. Si la transformation est restée incomplète, c'est-à-dire si l'on s'est arrêté le long de A'B' ou de C'D', l'alliage pourra posséder un coefficient de dilatation quelconque entre ces deux valeurs extrêmes.

Partant, comme précédemment, d'une température élevée, l'alliage considéré éprouve, en se refroidissant, une augmentation du module d'élasticité, jusqu'à ce qu'il atteigne une température définie par l'abscisse du point A"; à ce moment, le module commence à baisser avec la température, en suivant la courbe A"B". Le réchauffement fait passer le module par B"C" et le ramène enfin en D".

La comparaison des trois courbes nous montre que l'apparition du magnétisme est accompagnée de deux phénomènes anormaux : une augmentation du volume et une diminution du module d'élasticité au refroidissement. Les trois phénomènes semblent être exactement

(1) La forme des courbes magnétiques dépend de la valeur du champ, et n'est pas aussi simple en réalité que semblerait l'indiquer la figure. La courbe définissant la transformation supérieure est encore assez mal connue; mais, pour l'établissement d'une théorie, il nous suffit de savoir que cette transformation existe.

simultanés; ils constituent donc trois indices distincts d'une même transformation.

Les trois propriétés étudiées sont définies par un cycle qui n'est réversible qu'en dehors des régions de transformation. Le long des courbes AB, CD, les phénomènes ne sont pas réversibles; et, comme cette même particularité est commune à toutes les propriétés d'un même alliage, on peut désigner les alliages à faible teneur en nickel sous le nom d'*alliages à transformations irréversibles*, ou plus simplement d'*alliages irréversibles*.

Dans les alliages à plus forte teneur, les phénomènes sont bien différents de ceux que je viens de décrire.

L'apparition et l'augmentation graduelle du magnétisme est représentée par une courbe telle que FG, dont la forme diffère très peu d'un alliage à l'autre, de telle sorte que, au moins en première approximation, la valeur de la susceptibilité magnétique ne dépend que de la distance, comptée en descendant sur l'axe des températures, à laquelle l'alliage se trouve du début de la transformation.

Les variations de volume se produisent aussi, en fonction de la température, au moins en première approximation, le long d'une courbe unique E'F'G'. Aux températures élevées, l'inclinaison de cette portion de courbe est plus forte que celle qui correspondrait à un mélange de fer et de nickel magnétiques. Puis, à la température où le magnétisme commence à apparaître, la courbe devient fortement concave vers le haut, et se prolonge ensuite par une portion très faiblement inclinée, qui se termine elle-même par un tronçon de courbe à forte concavité inférieure.

A température descendante, le module d'élasticité augmente d'abord suivant E''F''; puis, lorsque le magnétisme apparaît, la courbe s'infléchit vers le bas, au lieu de suivre la droite E''H''; le module passe bientôt par un maximum, et commence à diminuer rapidement. A une température beaucoup plus basse, il passe par un minimum, puis recommence à augmenter vers G'', comme pour les métaux ou alliages normaux.

Ici, tous les phénomènes sont représentés par une fonction bien définie de la température, et les alliages de cette catégorie peuvent être caractérisés comme réversibles. Le début de l'anomalie de dilatation ou d'élasticité semble coïncider parfaitement avec la première apparition du ferro-magnétisme, et, comme pour les alliages irré-

versibles, nous sommes conduits à envisager les trois ordres de modifications simultanées que l'on observe, comme étant des indices distincts d'une même modification profonde de l'alliage.

PARALLÉLISME DES PROPRIÉTÉS RÉVERSIBLES ET IRRÉVERSIBLES.

A première vue, la réversibilité ou l'irréversibilité des transformations semble constituer un caractère fondamental des aciers au nickel. Si l'on considère, en effet, l'aspect immédiat des phénomènes, on voit qu'il est extrêmement différent dans les deux catégories d'alliages, et que ce seul caractère classe, en deux groupes absolument séparés, les alliages envisagés au point de vue de leur emploi. Mais, si l'on y regarde de plus près, on constate bientôt une évidente parenté entre les changements réversibles ou irréversibles des propriétés dont je viens d'esquisser l'allure.

Comparant deux à deux les figures placées côte à côte dans le diagramme ci-dessus, nous voyons que, dans le premier groupe, l'apparition du magnétisme est accompagnée d'une augmentation réelle du volume, mais que, dans le second, une diminution de la contraction à température descendante résulte de cette même apparition dans les alliages réversibles. L'alliage considéré, au lieu de se contracter suivant la droite E'H', suit la courbe E'F'G', s'écartant vers le haut de la droite qui représenterait le phénomène normal. Nous avons donc bien à envisager ici une augmentation *virtuelle* du volume, comme, dans les alliages de la première catégorie, nous avons observé une augmentation *réelle* et visible.

Pour l'élasticité, les changements sont encore plus évidents. Dans les deux catégories d'alliages, le module baisse au moment où le magnétisme commence à apparaître, et le phénomène ne se distingue, dans les deux cas, que par sa réversibilité ou son irréversibilité, c'est-à-dire par le fait qu'il existe comme une fonction bien définie de la température, ou comme une fonction affectée d'hystérèse thermique.

Ces considérations nous conduisent à envisager cette hystérèse comme un caractère accessoire des phénomènes, exactement comme, dans le fer doux ou l'acier, le magnétisme est une fonction bien définie du champ instantané, ou dépend des champs antérieurs.

Comme complément à cette première conclusion, on en tirera immédiatement une seconde : c'est que les anomalies des alliages

réversibles ou irréversibles sont régies par une même modification interne, qui se présente sous deux aspects distincts, mais dont les conséquences sont exactement semblables, si l'on ne considère que la valeur des changements simultanés des propriétés étudiées.

CAUSE DES ANOMALIES DES ACIERS AU NICKEL.

Il reste maintenant à caractériser la transformation dont les multiples conséquences apparaissent dans les aciers au nickel.

Nous avons vu que, des deux constituants de ces alliages, le fer est, de beaucoup, celui qui éprouve, par le changement de température, les modifications les plus importantes et les plus profondes. Nous savons aussi que les anomalies des alliages riches en fer sont extrêmement marquées, alors que celles des alliages voisins du nickel sont difficilement appréciables. Ainsi, tandis que les additions de nickel au fer successivement poussées jusqu'à 30 pour 100 nous amènent, à travers toutes les anomalies des alliages irréversibles, jusqu'à celles des premiers alliages réversibles, une même addition de fer au nickel fait à peine apparaître les premières traces d'une anomalie négative de dilatation.

Cette simple remarque nous conduit à chercher dans les transformations du fer la cause essentielle des anomalies de ses alliages avec le nickel; et cette première indication de la nature des phénomènes étudiés prend immédiatement un sens plus précis si nous en rapprochons la constatation, faite par M. Osmond, d'une réelle continuité entre les propriétés du fer et celles des aciers au nickel par l'abaissement progressif de la région de transformation, par l'apparition de l'irréversibilité, et par la réunion en une seule des deux transformations qui, dans le fer pur, se produisent séparément aux points A_3 et A_2 .

Un autre argument en faveur de cette même idée nous est fourni par l'étude des aciers au manganèse. Ce dernier métal, ajouté au fer, produit les mêmes effets que le nickel, avec une énergie encore plus considérable pour une même addition centésimale.

Si nous examinons maintenant la question au point de vue quantitatif, nous trouvons, conformément aux expériences de M. Le Chatelier et à celles de MM. Charpy et Grenet, que la contraction totale d'une barre de fer pur, en supposant qu'elle puisse être amenée d'une température immédiatement supérieure au point A_3 jusqu'à 0° , tout en conservant le coefficient de dilatation qu'elle possède aux

températures élevées, serait de $\frac{8}{1000}$ environ plus considérable que celle que l'on observe. De cette quantité, $\frac{2}{1000}$ environ sont attribuables à la dilatation brusque qui se produit dans le passage de l'état γ à l'état β , et le reste au changement progressif du coefficient de dilatation en fonction de la température.

Or, l'expérience a montré qu'un acier au nickel à 25 pour 100, amené aux températures ordinaires à l'état non magnétique, puis transformé par le passage à des températures basses, subit un allongement de l'ordre de $\frac{6}{1000}$. On en conclut que, à l'incertitude des expériences près, l'allongement constaté dans ce dernier alliage est parfaitement expliqué en supposant que le fer γ est conservé dans les aciers irréversibles jusqu'au début de l'apparition du magnétisme, et passe alors rapidement à l'état α si la température de l'alliage est encore abaissée.

La série des preuves qualitatives qui ont été précédemment indiquées, et cette dernière vérification quantitative sont donc bien d'accord pour faire attribuer au passage du fer de l'état γ à l'état α , passage considérablement retardé par la présence du nickel, les anomalies constatées dans les aciers au nickel irréversibles. Comme les propriétés des alliages réversibles sont évidemment liées à la même cause, on pourra en conclure que toutes les anomalies des aciers au nickel sont dues à la transformation globale du fer, fortement déplacée dans l'axe des températures, et, de plus, considérablement étalée.

Cependant, les alliages des deux catégories, tout en possédant une série de propriétés que nous avons reconnues être très semblables en les examinant de près, présentent aussi certaines dissemblances qui pourraient encore faire douter de la communauté d'origine de leurs singularités. Il n'est donc pas inutile de chercher à appuyer d'une expérience directe les conclusions tirées de la comparaison des résultats rappelés ci-dessus. Voici comment cette expérience a pu être réalisée.

Un alliage contenant 30 pour 100 de nickel participe déjà, aux températures ordinaires, à l'anomalie négative de dilatation; mais, d'autre part, s'il est à peu près exempt de carbone, il peut subir, dans l'air liquide, la transformation irréversible. Or, supposons que l'anomalie de dilatation soit liée à une autre cause que celle qui produit la transformation irréversible; comme cette dernière est accompagnée d'un abaissement considérable de la dilatation de

l'alliage, on devra s'attendre à trouver, dans l'alliage transformé, la superposition des deux causes d'abaissement, et l'anomalie de dilatation de l'alliage sera exagérée. Mais supposons, au contraire, que la transformation irréversible observée à très basse température soit de même nature que la transformation réversible, celle-ci n'étant pour ainsi dire que le prélude. Alors la transformation irréversible aura définitivement fixé les transformations dont l'alliage est susceptible, et, lorsqu'on reviendra aux températures ordinaires, la cause d'abaissement de la dilatation sera supprimée ou tout au moins fortement atténuée.

L'expérience, que j'ai pu faire grâce au bienveillant concours que m'a prêté M. d'Arsonval, a décidé en faveur de cette seconde hypothèse. Une barre de 1^m, d'un alliage contenant 30,4 pour 100 de nickel, a subi, dans l'air liquide, un allongement permanent de 3^{mm},9; ramenée à la température ordinaire, elle a été trouvée plus dilatable qu'avant la transformation.

Ce résultat est décisif; il nous montre, en concordance avec nos premières conclusions, que toutes les anomalies des aciers au nickel se ramènent à une seule et même cause, la transformation allotropique du fer, modifiée par la présence du nickel, abaissée dans l'échelle des températures, généralement étalée, et affectée ou non d'hystérèse, suivant l'état de dilution de la solution réciproque du fer et du nickel.

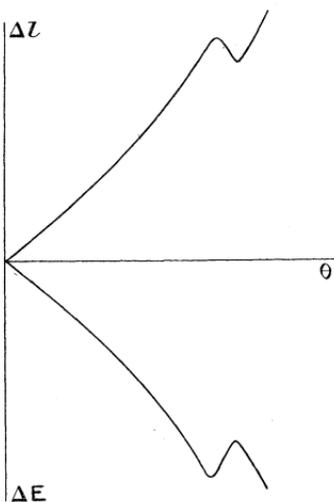
CONSÉQUENCES DE LA THÉORIE ALLOTROPIQUE DES ACIERS AU NICKEL.

La théorie des transformations allotropiques du fer dans les aciers au nickel, opposée à celle des combinaisons définies, étant maintenant bien établie, nous pouvons utiliser cette théorie pour l'établissement de certains faits non encore soumis à l'examen direct.

Puisque le fer a transporté ses propriétés sur ses alliages avec le nickel, on peut, réciproquement, partir de l'étude de ces alliages pour retrouver certaines propriétés non encore constatées dans le fer, en raison des difficultés expérimentales inhérentes aux températures auxquelles se produisent les transformations qui nous occupent. Ainsi, les alliages du fer et du nickel ayant montré que la transformation par abaissement de la température est accompagnée d'une diminution du module d'élasticité, on devra en conclure que, dans la transformation qu'il subit à l'état isolé, le fer

éprouve aussi un changement de cette nature. Un doute sur la région de température où cette modification du module se produit dans le fer pourrait, il est vrai, se présenter à l'esprit, puisque, dans les alliages à haute teneur en nickel, les deux transformations sont réunies, alors qu'elles sont séparées dans le fer pur. Cependant, ce doute est facilement levé si l'on envisage que le module d'élasticité est une fonction des distances des molécules, et si l'on rapproche de cette idée le fait que la rapide variation de volume du fer se produit dans la transformation supérieure. C'est donc dans le passage par le point A_3 que doit s'effectuer le changement très

Fig. 3.



rapide et de sens anormal du module dont l'existence nous est révélée par l'étude des aciers au nickel; le diagramme (*fig. 3*) donne ainsi, en regard des dilatations mesurées dans le fer, l'allure hypothétique du module.

Dans les aciers au nickel, l'intensité des anomalies devra nécessairement être proportionnelle à la quantité du fer présent dans l'alliage. Ce n'est pas à dire que l'écart entre la dilatation normale et la dilatation vraie doit être, au maximum, proportionnel à la teneur en fer, car la vitesse de transformation ou plus exactement la loi de l'équilibre en fonction de la température, qui n'a pas encore été établie, peut intervenir pour modifier le phénomène; mais ce

que la théorie permet de fixer avec sûreté, c'est la distance entre les deux courbes prolongées qui représentent les dilatations en dehors de la région de transformation. Ces deux courbes seront très voisines dans les alliages riches en nickel, et atteindront le maximum de leur écartement dans les alliages les plus riches en fer, susceptibles d'être refroidis assez pour effectuer toute leur transformation réversible sans arriver dans la région des transformations irréversibles.

Ces exemples, que l'on multiplierait aisément, suffiront à montrer dans quelle direction la théorie qui vient d'être développée peut servir à prévoir des phénomènes nouveaux.

On pourrait ne pas s'en tenir là, et chercher à imaginer un mécanisme moléculaire permettant de prévoir logiquement les phénomènes observés; mais on n'y parviendrait qu'au prix d'hypothèses encore difficiles à vérifier, et qu'il paraît inutile d'exposer ici.

ANNEXE II.

APPLICATIONS

EN FRANCE

DU SYSTÈME INTERNATIONAL DE FILETAGES

A BASE MÉTRIQUE,

PAR M. E. SAUVAGE.

Les règles du système international de filetages, à base métrique, pour les vis mécaniques, ont été publiées dans le Tome XII des *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*. Ces règles ont été établies, en 1898, dans un Congrès tenu à Zurich, et complétées, en 1900, par des indications accessoires relatives à l'ouverture des clefs de serrage. Elles dérivent, avec de légères modifications, des règles du *Système français*, qui avait été établi, en 1894, par la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, et qui avait reçu de nombreuses applications en France, où la Marine de l'État et la plupart des Compagnies de chemins de fer l'avaient adopté.

Cette Société a récemment fait une enquête pour savoir quelles avaient été, jusqu'à ce jour, les applications du système international faites en France. Cette enquête a constaté la grande extension donnée à ce système, qui a été assez généralement substitué au système français.

La Marine de l'État faisait usage du système français depuis 1895; le système international l'a remplacé en 1902 (1).

Le système international a été adopté par l'Administration des chemins de fer de l'État, par les Compagnies de chemins de fer de l'Ouest, du Nord, de l'Est, de Paris à Lyon et à la Méditerranée, du

(1) Voir *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 4^e série, t. X, p. 314 et 319, 1895; t. CIII, p. 873, juin 1902.

Midi, de Paris à Orléans. Toutes ces Administrations, sauf la dernière, faisaient précédemment usage du système français. C'est surtout le service du matériel et de la traction, chargé de la construction et de l'entretien des locomotives et du matériel roulant, qui emploie des vis mécaniques. Les nouveaux filetages servent d'abord pour les constructions neuves, puis, d'une manière plus ou moins étendue, dans l'entretien du matériel existant. La période de transition, pendant laquelle existeront les anciens filetages à côté du nouveau, sera nécessairement longue.

Parmi les autres Administrations françaises de chemins de fer, ou touchant à l'exploitation des chemins de fer, qui font usage du système international, il convient de citer la Compagnie des chemins de fer de Bône à Guelma, la Compagnie internationale des wagons-lits et des grands express européens, la Société générale des freins Lipkowski. D'autres Administrations de chemins de fer annoncent qu'elles étudient la question, sans avoir encore pris de décision.

Plusieurs des constructeurs les plus importants de France ont adopté le système international, notamment MM. Schneider et C^{ie}, au Creusot; la Compagnie de Fives-Lille; la Société des forges et chantiers de la Méditerranée; MM. Diétrich et C^{ie}, à Lunéville; MM. Desouches, David et C^{ie}, à Pantin; MM. Sautter, Harlé et C^{ie}; la Société des anciens établissements Panhard et Levasor.

Sur la liste des adhérents au système international figurent encore la Société des aciéries et forges de Firminy, la Société des hauts fourneaux de Maubeuge. Il est probable que beaucoup d'autres établissements font usage de ce système sans en avoir donné avis à la *Société d'Encouragement*.

Au sujet de l'extension du système, il y a lieu de remarquer que les filetages du système international étant imposés par la Marine de l'État et par toutes les grandes Administrations de chemins de fer, tous les constructeurs, en très grand nombre, qui exécutent des travaux pour ces Administrations, sont obligés de suivre les règles de ces filetages; pour simplifier leur outillage, ils seront conduits à en faire usage de plus en plus pour leurs propres travaux et pour tous ceux exécutés sans aucune prescription spéciale à cet égard. L'usage général du système international en France n'est donc plus qu'une question de temps, et même un nombre d'années restreint suffira pour cette grande extension du système.

On a vu que le système comprend des règles fondamentales, relatives à la forme des filets, aux diamètres et aux pas des vis, et cer-

taines règles accessoires, relatives notamment à l'ouverture des clefs de serrage, c'est-à-dire à la largeur des écrous et des têtes de boulons. L'intérêt de ces règles accessoires est évidemment bien moindre que l'intérêt des règles fondamentales. Aussi un certain nombre d'Administrations et d'industriels, tout en adoptant les règles fondamentales, ont cru pouvoir conserver les anciennes ouvertures de clefs dont ils faisaient usage. L'uniformité absolue et complète serait évidemment préférable, mais en pratique l'inconvénient de la diversité de largeur des têtes n'est pas très grande : on peut, par exemple, faire usage de clefs à ouverture variable.

L'adoption de règles uniformes très simples pour les filetages des vis mécaniques est d'un grand intérêt pour l'industrie, et il est fort heureux qu'une réforme aussi importante ait pu être accomplie en France dans l'espace de quelques années.



ANNEXE III.

Dilatations linéaires récemment déterminées de quelques corps solides.

(Les coefficients α et β de la formule $L_T = L_0 (1 + \alpha T + \beta T^2)$ sont rapportés à l'échelle normale des températures.)

CORPS.	AUTEURS.	LIMITES de la détermination	COEFFICIENTS		DILATION calculée pour 1 ^m entre 0° et 100°.	
			$\alpha.10^6.$	$\beta.10^9.$		
Quartz	{ parallèle à l'axe	Benoit.	0° 85°	+ 7,161	+ 8,01	+ 796,2 ^u
		Scheel.	16- 100	+ 7,144	+ 8,15	+ 795,9
	{ perpendiculaire à l'axe.....	Benoit.	0- 85	+13,255	+11,63	+1441,8
		Chappuis.	0- 85	+ 0,385	+ 1,15	+ 50,0
		Le Chatelier.	0-1000	+ 0,7		+ 70,0
{ amorphe.....	Scheel.	16- 100	+ 0,322	+ 1,52	+ 47,4	
Béryl	{ parallèle à l'axe	Holborn et Henning.	0-1000	+ 0,54		+ 54,0
		Benoit.	0- 85	- 1,348	+ 4,12	- 93,6
Spath d'Islande	{ perpendiculaire à l'axe.....	Benoit.	0- 85	+ 1,002	+14,57	+ 145,9
		Benoit.	0- 85	+25,135	+ 1,80	+2631,5
Platine pur.	{ parallèle à l'axe.....	Benoit.	0- 85	- 5,578	+ 1,38	- 544,0
		Benoit.	0- 85	+ 8,901	+ 1,21	+ 902,2
Iridium pur.	{ perpendiculaire à l'axe.....	Holborn et Day.	0-1000	+ 8,868	+ 1,324	+ 900,0
		Benoit.	0- 85	+ 6,358	+ 3,21	+ 667,9
Platine iridié à 10 pour 100.	{ parallèle à l'axe.....	Benoit.	0- 85	+ 8,598	+ 1,66	+ 876,4
		Benoit et Guillaume	0- 38	+ 8,651	+ 1,00	+ 875,1

Platine iridie à 20 pour 100.....	Holborn et Day.	0-1000	+ 8,198	+ 1,418	+ 834,0
Palladium.....	Holborn et Day.	0-1000	+11,670	+ 2,187	+1188,9
Argent.....	Holborn et Day.	0- 875	+18,270	+ 4,793	+1874,9
Fer.....	Holborn et Day.	0- 500	+11,705	+ 5,254	+1223,0
Fer doux de Suède.....	Guillaume.	0- 38	+11,334	+ 7,39	+1207,3
	Guillaume.	0- 38	+12,512	+ 6,76	+1318,8
Nickel.....	Tutton.	8- 121	+12,48	+ 7,4	+1322,0
	Holborn et Day.	375-1000	+13,460	+ 3,315	
Cobalt.....	Tutton.	6- 120	+12,08	+ 6,4	+1272,0
Constantan (6 Cu, 4 Ni).....	Holborn et Day.	0- 500	+14,810	+ 4,024	+1521,2
	Guillaume.	0- 38	+14,179	+ 4,48	+1492,7
Aciers nickels (valeurs moyennes) ..	Guillaume.	0- 38			
» 22 pour 100 Ni (+ 3 Cr).	»	»	+18,3	+ 4,3	+1873,0
» 25 ».....	»	»	+16,0	+11,5	+1715,0
» 28 ».....	»	»	+11,3	+28,9	+1419,0
» 30 ».....	»	»	+ 7,3	+21,2	+ 942,0
» 35 ».....	»	»	+ 1,2	+ 2,3	+ 143,0
» 40 ».....	»	»	+ 5,5	- 4,5	+ 505,0
» 45 ».....	»	»	+ 8,5	- 2,5	+ 825,0
» 50 ».....	»	»	+ 9,8	+ 2,4	+1004,0
» 70 ».....	»	»	+11,9	+ 3,9	+1229,0
Verre dur français, tube.....	Chappuis.	0- 100	+ 7,267	+ 5,16	+ 778,3
» bloc.....	Benoit.	0- 85	+ 7,375	+ 4,42	+ 781,7
» tige.....	Thiesen, Scheel et Sell.	0- 100	+ 7,364	+ 3,56	+ 772,0
Glace de Saint-Gobain.....	Benoit.	0- 85	+ 7,231	+ 4,15	+ 764,6
	Benoit.	0- 85	+ 7,562	+ 4,59	+ 802,1
Verre d'Iéna 16 III.....	Thiesen, Scheel et Sell.	0- 100	+ 7,688	+ 3,41	+ 802,9
» 59 III.....	Thiesen, Scheel et Sell.	0- 100	+ 5,653	+ 2,57	+ 591,0

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Procès-verbaux des séances de l'année 1903.....	1-144
<i>Procès-verbal de la première séance, du 16 avril 1903</i>	1- 85
Ouverture de la session	1
Télégrammes à M. Foerster et à M. de Macedo, lettre de M. Mascart.....	2-4
Éloge de M. von Wild, par M. le Secrétaire.....	5-7
Lettre à M ^{me} Cornu	7,8
<i>Rapport du Directeur du Bureau² international sur les exercices de 1901 à 1903</i>	8-84
I. — <i>Personnel</i>	8-11
Départ de M. Chappuis, nommé membre honoraire. Nomination de M. Guillaume aux fonctions de Directeur-adjoint. Entrée de MM. Tarade et Murat, comme aides.	
II. — <i>Bâtiments</i>	11
III. — <i>Machines et Instruments</i>	11-16
Acquisition d'un moteur à gaz et d'une batterie d'accumulateurs. Réfection des balances Rueprecht 5 et Bunge. Règles géodésiques en acier-nickel. Réservoir en quartz fondu, exécuté par M. Chappuis.	
IV. — <i>Comptes</i>	16-43
1. — Frais d'établissement et d'amélioration du matériel scientifique.....	
	16
2. — Frais des étalons et témoins.....	
	17

	Pages.
3. — Frais annuels.....	18-25
4. — Caisse de secours et de retraites. Fonds de réserve	25-28
5. — Versements des États et recettes....	28-31
6. — Comptabilité.....	32-45
V. — <i>Travaux</i>	44-82
Étude des Règles géodésiques d'Égypte, du Service géographique de l'Armée française et de l'Académie des Sciences de Suède.....	44-48
Base murale	48-51
Étude des fils; comparaisons suivies; dilatation de la base déduite de ces comparaisons; épreuves de traction, enroulage des fils.....	51-66
Détermination de divers fils	66, 67
Expériences sur le terrain.....	67, 68
Détermination d'un pendule à réversion et d'un ruban de 20 ^m	69
Tracé, par M. Benoit, d'un mètre et d'un yard....	69, 70
Étude de 144 étalons à bouts.....	70-72
Résultats obtenus par M. Chappuis pour la masse du décimètre cube d'eau.....	72-75
Détermination de la dilatation du quartz fondu...	75
Étude, par M. Guillaume, des plans d'un appareil de mesure des bases pour la Commission géodésique du Japon.....	75-77
Recherches sur les aciers au nickel	77-80
Travaux de MM. Maudet et Tarrade.....	80, 81
Mission de M. Blumbach.....	81
Étalons décimétriques.....	81, 82
Liste des certificats délivrés du 14 octobre 1901 au 26 février 1903	82-84
Nomination de deux Commissions.....	84, 85
<i>Procès-verbal de la deuxième séance, du 18 avril 1903</i>	85-114
Circulaire relative à la mort de M. Cornu.....	87-91
Élection de M. Mascart.....	92

	Pages.
Rapport aux Gouvernements des hautes Parties contractantes sur la troisième Conférence générale.	94- 96
Rapport spécial financier sur les exercices de 1901 et 1902.....	97-102
Lettre d'adhésion du Gouvernement britannique..	102
Rapport spécial financier sur les exercices de 1902 et 1903.....	103-108
Proposition de M. le Président concernant la répartition des parts contributives et discussion.....	109-111
Détails concernant l'extension du Système métrique.....	111, 112
Expériences concernant la mesure des températures élevées.....	112, 113
Lettre à M ^{me} Cornu.....	114
<i>Procès-verbal de la troisième séance, du 21 avril 1903.....</i>	<i>115-122</i>
Premier rapport de la Commission des Comptes et Finances.....	115
Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux (1 ^{re} partie).....	116-118
Discussion.....	119-122
<i>Procès-verbal de la quatrième séance, du 23 avril 1903.....</i>	<i>123-133</i>
Rapport de la Commission des Instruments et des Travaux (2 ^e partie).....	123-125
Deuxième rapport de la Commission des Comptes et Finances.....	126, 127
Explications et discussion.....	128, 129
Propositions de la Commission des finances concernant les contributions des États.....	130-132
<i>Procès-verbal de la cinquième séance, du 25 avril 1903.....</i>	<i>134-144</i>
Lettre de M ^{me} Cornu.....	134
Félicitations à M. Benoit à l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de son entrée au Bureau.	135

	Pages.
Propositions concernant les contributions des États.	136-140
Discussion	140-142
Visite au dépôt des Prototypes.....	143-144
Clôture de la Session.....	144
Annexes aux Procès-verbaux.....	145-165
<i>Annexe I.</i> — Essai d'une théorie des aciers au nickel, par M. Ch.-Éd. Guillaume.....	147-160
<i>Annexe II.</i> — Sur l'état actuel de l'emploi du Système international des filetages, par M. Ed. Sauvage.....	161-163
<i>Annexe III.</i> — Dilatation de quelques corps solides.	164, 165

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.