

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel  
**Herausgeber:** Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel  
**Band:** 9 (1870-1873)

**Vereinsnachrichten:** Commission internationale du mètre : procès-verbaux

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

**COMMISSION INTERNATIONALE DU MÈTRE**

---

**PROCÈS-VERBAUX**



Le Comité des recherches préparatoires s'est réuni à Paris, du 2 au 14 avril 1872, dans onze séances successives dont les procès-verbaux sont ci-après reproduits.

La Commission internationale se réunira le 24 septembre 1872 pour continuer son travail et prendre des décisions définitives.

COMMISSION INTERNATIONALE DU MÈTRE

---

**PROCÈS-VERBAUX**

**DES SÉANCES**

DU

**COMITÉ DES RECHERCHES PRÉPARATOIRES**

---

**AVRIL 1872**

---

**PARIS**

**IMPRIMERIE VIÉVILLE ET CAPIOMONT**

**6, RUE DES POITEVINS, 6**

---

**1872**

## COMMISSION INTERNATIONALE DU MÈTRE

---

*Séance du Comité des recherches préparatoires,  
du Mardi 2 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à 2 heures 1/4 sous la présidence de M. le général Morin.

Sont présents : MM. le général Morin et Miller, vice-présidents ; MM. Lang, Wild, P. Galvez, Aguirre y Montufar, Chisholm, Faye, Fizeau, H. Saint-Claire Deville ; Hirsch et Tresca, secrétaires.

M. Mathieu, retenu auprès de M. Laugier, gravement malade, ne peut assister à la séance.

M. Tresca donne lecture des lettres de M. Jacobi, général Ibañez, Rév. P. Secchi, Kaiser, Stamkart, Soutzo et général Wrede, qui, tout en ne pouvant se réunir au comité, se proposent cependant de prendre part ultérieurement aux travaux de la Commission internationale.

M. de Jacobi adresse à la Commission un travail imprimé, sous le titre de : *Note sur la fabrication des étalons de longueur* par la galvanoplastie, et M. Wrede, la première partie d'un travail manuscrit sur les diverses questions qui intéressent les opérations de la Commission. Le mémoire de M. Wrede sera imprimé et distribué.

Il est également donné lecture d'une lettre de M. le ministre de l'agriculture et du commerce, qui, en confirmant la désignation de M. le professeur Foerster, à titre de commissaire pour l'empire allemand, demande s'il ne serait pas de l'intérêt de la science d'admettre M. le général Baeyer à la conférence, ainsi qu'aux délibérations préparatoires de la Commission.

Cette dépêche, reçue le 25 mars, a été l'objet d'une réponse immédiate, dans laquelle se trouve déjà exprimé le même désir, de la part de la Commission, dans les termes où il est énoncé dans le procès-verbal de la séance du 11 août 1870. Aucune réponse n'ayant été reçue jusqu'à présent, la Commission peut encore espérer la coopération de M. le général Baeyer, à titre de commissaire pour l'Allemagne.

M. le professeur Foerster a, d'ailleurs, annoncé qu'il participerait aux réunions du Comité.

M. Hirsch a lieu de croire que la réponse du ministère est parvenue en Allemagne, et bien que M. Baeyer ne vienne pas prendre part aux travaux du Comité, il est prêt à examiner toute question scientifique que la réunion jugerait utile de renvoyer à son examen, particulièrement en ce qui concerne l'emploi du comparateur qu'il a à sa disposition.

Le Comité remercie M. Baeyer de sa bienveillance et y aura recours avec plaisir.

M. Hirsch donne ensuite quelques explications sur les opinions de M. le général Baeyer, relativement aux travaux de la Commission.

Le général avait d'abord pensé que, pour s'assurer de la véritable longueur originale du mètre, il faudrait commencer par mesurer à nouveau une ou plusieurs bases françaises, mais il restreint aujourd'hui sa demande à une mesure faite *a posteriori*, et après la confection du nouveau mètre, afin d'assurer de la manière la plus certaine la continuité entre les nouvelles mesures et les anciennes. De même, le nouveau mètre une fois construit, M. Baeyer insiste pour qu'il soit comparé à la toise de Bessel, qui a servi d'unité pour un grand nombre de travaux géodésiques importants.

Deux objections s'étaient présentées à l'esprit du général Baeyer.

La première était fondée sur l'état des surfaces terminales du mètre des archives; mais il paraîtrait, dit M. Hirsch, que le procédé proposé par M. Fizeau permettra de surmonter cette difficulté et même d'apprécier le degré d'exactitude avec lequel le mètre des archives définit sa longueur, ce qui est très-précieux au point de vue de la confiance que commandera le travail en cours d'exécution.

La seconde objection était déduite de la crainte que l'étalon des archives pourrait avoir changé sensiblement de longueur avec le temps; mais cette variation, si elle existe, serait assez faible, M. Baeyer est le premier à le reconnaître, pour que la longueur du nouveau mètre, déduite de celle du mètre des archives, s'éloigne de la véritable longueur originale du mètre d'une quantité insensible pour tous les usages pratiques, et qui, dans l'intérêt scientifique, peut et doit être déterminée *a posteriori* par tous les moyens appropriés.

M. Fizeau tient à discuter immédiatement les questions relatives à ces changements moléculaires, au sujet desquels on doit à M. Baeyer un mémoire fort important. Il fait ressortir de ses recherches sur les dilatations que les différents métaux peuvent être classés en deux groupes bien distincts par rapport à leur mode de cristallisation. Ceux qui cristallisent fort peu ou dans le système régulier, c'est-à-dire les métaux nobles, fondus ou forgés, offrent une grande homogénéité; ils se dilatent également dans tous les sens, et il ne paraît pas qu'ils soient soumis à des tensions différentes suivant telle ou telle direction.

La seconde catégorie, composée de métaux tels que le zinc, l'étain, l'antimoine, présente, au contraire, des dilatations très-inégales dans les deux sens : pour l'antimoine, par exemple, le rapport entre les deux dilatations s'élève à 2; la cristallisation est accompagnée de tensions et de fissures, qui rendent les dilatations très-inégales.

En ce qui concerne l'acier, la trempe détermine une diminution de densité qui se traduit par une augmentation de longueur de 1 ou 2 millimètres pour 1 mètre; le recuit à des degrés différents apporte des modifications telles que déjà, pour 30 ou 40°, le retrait est très-sensible; il augmente encore plus pour 60°. Le coefficient de dilatation présente alors de telles différences que l'on obtient, pour l'acier trempé, le chiffre de 136 à 140, au lieu de 110, qui caractérise le coefficient de dilatation du fer.

Les observations faites par M. Baeyer portent toutes sur les métaux de cette deuxième catégorie, et il serait arrivé certainement à des résultats tous différents avec ceux de la première.

C'est ainsi que, même en ce qui concerne le coefficient de dilatation des règles de Borda, M. le colonel Ibañez a trouvé dernièrement pour coefficient 86.5, chiffre absolument identique à

celui que l'on déduit, pour la même température moyenne, de la discussion des observations de Borda. Si le coefficient de dilatation n'a pas varié, il y a grande raison de croire qu'il n'y a eu, depuis près de quatre-vingts ans, aucune modification moléculaire dans ces règles, ce qui est une raison considérable en faveur du bon emploi de ce métal.

M. Deville signale certaines expériences faites sur un barreau d'acier de 20 centimètres de longueur, qui aurait diminué de 1 centimètre par le recuit, mais avec une augmentation appréciable des dimensions transversales.

M. Wild confirme les dernières indications de M. Fizeau sur la constance du coefficient de dilatation de la règle du Conservatoire, avec laquelle l'étalon du Gouvernement suisse a été comparé à deux températures différentes, en 1863, par MM. Mousson, Tresca et lui.

Il a personnellement déterminé le coefficient de dilatation de la règle en laiton à Berne, ce qui lui a permis de fixer la valeur du coefficient de dilatation de la règle de platine du Conservatoire, à 86.05 pour la température moyenne de 17°.

M. Fizeau fait remarquer combien cette confirmation est absolue, puisqu'il conviendrait encore d'augmenter le chiffre précédent pour passer de la moyenne de 17° à celle de 18, le troisième chiffre ne pouvant d'ailleurs être regardé pour certain dans aucune détermination de dilatation.

M. Hirsch a écouté avec le plus grand intérêt l'exposé de M. Fizeau, mais il n'est que juste de faire remarquer que M. Baeyer n'a jamais exprimé d'opinion absolue sur les variations que pourraient présenter d'autres métaux que ceux en lesquels ont été construites les règles qu'il a eues à sa disposition. Les faits qu'il a établis sont cependant assez importants pour justifier l'étude des variations moléculaires que les règles métalliques peuvent subir avec le temps, soit dans leur longueur absolue, soit relativement à leur coefficient de dilatation. M. Baeyer, qui s'occupe actuellement de cette étude, en comparant des étalons en bronze antique de Pompeï avec des étalons fait avec le même bronze refondu, a tenu seulement à attirer sur cette question l'attention de la Commission, qui en tiendra compte dans les limites qui paraîtront convenables.

Au surplus, M. Hirsch se plaît à reconnaître que les recher-



ches et les indications de M. Fizeau sont de nature à rassurer beaucoup sur l'emploi du platine, si ce métal n'a pas d'autre défaut essentiel et s'il n'est pas d'un prix trop élevé pour servir à l'exécution des règles de base.

M. le général Morin, avant que cette question ne soit épuisée, tient à ajouter que les données fournies par M. Fizeau suffisent, en tous cas, pour éloigner les tendances qui se sont déjà produites, jusque dans l'exécution, en faveur de l'emploi du fer ou de l'acier. On ne saurait les prendre en trop grande considération.

M. Tresca est chargé d'exposer à la Commission l'énumération des diverses questions déjà examinées par la section française ou par la Commission internationale; il en a rédigé en quelque sorte une table méthodique d'après l'ensemble des procès-verbaux, et cette table pourra servir au choix à faire, dans chaque réunion, des questions pour lesquelles la discussion serait suffisamment préparée.

M. Saint-Claire Deville, obligé de quitter la séance, se met à la disposition de la Commission pour couler devant elle un lingot de platine. La facilité avec laquelle cette opération s'accomplit, l'étude complète sur les procédés de préparation et d'analyse dont il fera connaître prochainement tous les détails, doivent exercer, suivant lui, une grande influence sur la décision à laquelle s'arrêtera la Commission. Il est convenu que le Comité se réunira pour cet objet, le vendredi 6 avril, dans le laboratoire de M. Deville, à l'École normale, à 9 heures du matin.

La Commission décide que sans pouvoir fixer la durée de ses réunions, qui sera subordonnée à l'importance des questions qu'elle aura à examiner, elle tiendra des séances aussi nombreuses que possible en se réservant de fixer à chacune d'elles la date et le programme de la séance suivante.

Avant d'entrer dans l'examen des questions de détail, M. Hirsch appelle l'attention du Comité sur la question de savoir s'il doit se borner à l'exécution d'un seul mètre international, ou s'il n'y a pas lieu, au contraire, de se proposer l'exécution simultanée d'un certain nombre de mètres identiques, destinés à être distribués à tous les pays intéressés, et parmi lesquels sera choisi le prototype international, par rapport auquel devront être établies les équations de tous les autres. Après ce qui a été fait à cet

égard, en Angleterre, pour les étalons du yard, il est à peine permis de penser à faire autrement. M. Hirsch voudrait, en outre, que le Comité exprimât une opinion sur la formation d'un bureau international du système métrique, auquel seraient dévolue, d'une manière permanente, la mission de conserver les étalons et de faire les comparaisons.

A la suite d'une discussion, à laquelle prennent part plusieurs membres de la Commission, la rédaction à formuler est remise aux soins d'une Sous-Commission composée de MM. Hirsch, Wild, Chisholm et Delaunay.

Le Comité décide ensuite qu'il y aura séance demain, à 2 heures, et qu'elle sera consacrée aux objets suivants :

- 1° Rapport de la Sous-Commission ;
- 2° Communication de M. Lang sur l'exploration microscopique des bouts du mètre des archives ;
- 3° Sur la proposition de M. Faye : Renseignements sur le degré de précision des comparaisons effectuées ;
- 4° Communication de M. Fizeau sur les moyens optiques à employer pour passer du mètre à bouts au mètre à traits ;
- 5° Discussion sur le choix de la température pour laquelle le mètre international doit être établi.

La séance est levée à 5 heures et demie.

---



*Séance du Mercredi 3 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à deux heures et demie, sous la présidence de M. le général Morin, vice-président.

M. le professeur Foerster, commissaire pour l'empire allemand, prend part aux travaux du comité.

Sont également présents : MM. Miller, vice-président, Chisholm, Wild, Lang, Delaunay, Faye, Fizeau ; Hirsch et Tresca, secrétaires.

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

La Sous-Commission chargée de rédiger un projet relativement à la confection simultanée d'un grand nombre de mètres identiques et de la constitution d'un bureau international n'ayant pas terminé son travail, M. Lang est prié, conformément à l'ordre du jour, de vouloir bien donner quelques explications sur les ressources qu'offre l'emploi d'un microscope pour déterminer les inégalités de la surface des bouts d'une règle.

M. Lang fait connaître qu'il s'est livré à un assez grand nombre d'observations sur la mesure des dépressions que présente la surface d'un objet, dans le champ d'un microscope dont le grossissement était de 480 fois. La constance de la position de l'œil était assurée, dans toutes les visées, au moyen d'une fine division sur verre placée au foyer de l'oculaire et que l'observateur doit s'attacher toujours à voir avec la même netteté. Les chiffres suivants indiquent quelques-uns de ses résultats, et il en ressort que l'erreur probable d'une observation peut être évaluée à un dix millième de millimètre.

Nombre des observations.	Profondeurs observées.
15	0 <sup>mm</sup> .40
17	0 <sup>mm</sup> .60
26	0 <sup>mm</sup> .58

M. Lang n'a cherché à déplacer ni le microscope, ni l'objet; mais on comprend facilement que de tels déplacements pourront facilement être obtenus avec le degré de précision nécessaire par des dispositions appropriées.

M. Lang ajoute que si deux microscopes étaient employés dans les mêmes conditions à viser les deux bouts d'un mètre, on pourrait obtenir avec une très-grande exactitude les différences de longueur comprises entre ces extrémités.

A la demande de M. Faye, M. Lang et M. Tresca se chargent d'examiner si l'on ne pourrait tenter quelques expériences de cette nature pendant la réunion de la Commission.

Il est ensuite procédé à l'examen des évaluations du degré de précision auquel les différents expérimentateurs sont parvenus, soit dans les pointés seulement, soit dans les comparaisons complètes.

M. Miller a bien voulu rédiger sur ce sujet une note qu'il y a lieu de reproduire en son entier.

*Données sur la précision avec laquelle on peut bissecter, au moyen du micromètre d'un microscope, un trait tracé sur du métal.*

Un nouveau cercle méridien de MM. Troughton et Simms a été récemment établi à l'observatoire de Cambridge. Le diamètre du cercle est de 3 pieds = 914<sup>mm</sup>, et le grossissement des microscopes est de 60 fois. La distance de l'objectif des microscopes à la division du cercle est d'environ 3 pouces = 75<sup>mm</sup>, peut être un peu plus, mais certainement au-dessous de 4 pouces. Le corps des microscopes a une longueur de 18 pouces = 450<sup>mm</sup>.

Le premier astronome adjoint, M. Graham, observateur très-

habile et très-exercé, désirant connaître le degré d'exactitude qu'on pouvait obtenir avec ces microscopes, a fait une série de 100 pointés d'un même trait de division, et a calculé ensuite, par la somme des carrés des écarts des lectures individuelles avec leur moyenne, l'erreur probable d'une lecture individuelle qu'il a trouvée  $= 0'',4$ .

Il s'agit d'exprimer cette erreur en unités linéaires. M. le prof. Listing, de Göttingue, a proposé d'appeler dans ces mesures des petites quantités, la longueur du millième de millimètre un *micron* et de la désigner par la lettre  $\mu$ .

Le rayon du cercle de Cambridge étant de  $475^{\text{mm}}$ , c'est-à-dire de 457 000 microns, et le nombre de secondes, compris dans un arc égal au rayon, étant 206 265, on trouve pour la longueur correspondant à une seconde de cercle  $\frac{457\ 000}{206\ 265} = 2,215$  microns. et par conséquent  $0'',4 = 0,2215 \text{ micron} = 0^{\text{mm}},000\ 2215$ .

Comme M. le capitaine Clarke emploie dans ses comparaisons à l'Ordnance Survey-Office de Southampton des microscopes tout à fait semblables à ceux du cercle de Cambridge, l'erreur probable d'une de ses lectures est à très-peu près la même que celle trouvée par Graham, car M. Clarke trouve pour cette erreur la valeur  $0,000216^{\text{mm}}$ . Or, si l'erreur probable de la lecture d'un trait est de 0,2215 micron, l'erreur de la longueur comprise entre deux traits, considérée au point de vue seulement sera  $0,2215, \sqrt{2}$  micron. Il en résulte que l'erreur d'une comparaison de deux étalons à traits doit être évaluée à  $0,2215 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2} = 0,443$  micron.

M. Chisholm a relevé quelques chiffres qui se trouvent consignés dans les procès-verbaux de la Commission chargée de reconstituer les étalons nationaux en Angleterre (1850 à 1854).

Il en résulte :

page 54, que l'erreur probable d'une comparaison est. .	$0''.70$
page 53, que l'erreur probable de chaque série de 5	
comparaisons est réduite à . . . . .	$0.94$
page 64, que l'erreur probable de toutes les observations	
s'élève à. . . . .	$0.35$

M. Wild donne aussi quelques indications sur les résultats des comparaisons de mètres qu'il a faites à Berne.

En ce qui concerne celle de deux mètres à traits, l'erreur moyenne du résultat de 10 observations complètes doit être estimée à  $\pm 0^{\mu},43$ , et celle d'une seule observation complète à  $\pm 0^{\mu},30$ . En ce qui concerne la comparaison d'un mètre à bouts et d'un mètre à traits, par un procédé analogue à celui proposé par M. Fizeau, avec emploi de la réflexion des pointes, l'erreur probable de 10 observations complètes s'est élevée à  $0^{\mu},259$ , et celle d'une seule observation complète à  $0,54$ .

M. Lang rappelle que dans l'opinion de Steinheil on peut compter jusqu'ici sur une exactitude du millième de la ligne, mais que l'on doit arriver à une précision 30 fois plus grande.

Il ajoute même qu'au moyen de mesures d'angles de réflexion, Steinheil est arrivé à une erreur probable qui ne dépasse pas  $0^{\mu},05$ .

M. Foerster donne des indications analogues.

M. Fizeau fait remarquer que l'on possède des moyens d'une précision même beaucoup plus grande, par l'observation des anneaux de Newton. La longueur d'onde correspondant à un demi-millième de millimètre environ, on lit facilement la dixième partie de la frange, ce qui correspond à peu près à un trente millième de millimètre; on pourrait même aller jusqu'à la centième partie d'une frange, correspondant à un trois cent millième de millimètre sans trop de difficulté. Si la Commission française ne s'est pas arrêtée à ces procédés d'une extrême délicatesse, c'est que les autres causes d'erreur, ne fût-ce, par exemple, que l'incertitude de la régularité de la température, sont d'un ordre beaucoup plus élevé, et que, par ces moyens d'observation trop délicats, on serait conduit à des complications matérielles sérieuses, sans échapper pour cela aux autres causes d'incertitude qui deviendraient alors prépondérantes.

M. Faye établit que dans les appareils astronomiques les traits de division ne peuvent évidemment être aussi soignés que ceux que l'on s'efforcera d'obtenir pour le mètre international. Au cercle mural de Gambey, à l'observatoire de Paris, on a observé que l'erreur moyenne d'un pointé sur les traits du limbe, à l'aide des anciens microscopes grossissant 30 fois environ,

doit être estimée à  $0'',16$ , ce qui répond à  $0\mu,8$  sur un cercle de 2 mètres de diamètre. En employant un grossissement quadruple, des traits beaucoup moins larges, une illumination meilleure, en ayant soin de se mettre au point avec plus de précision qu'on ne peut le faire sur un cercle mural, M. Faye croit que l'on arrivera à réduire couramment l'erreur moyenne d'un pointé isolé à  $0\mu,1$  ou  $0\mu,2$  au plus; c'est, dans son opinion, la limite que la Commission devra nécessairement atteindre dans ses opérations.

M. Morin est d'avis que sans doute il convient de s'efforcer d'atteindre cette limite, mais qu'elle doit rester comme un desideratum et non comme une obligation dès à présent prise par la Commission.

M. Tresca, tout en déclarant que les erreurs calculées de ses observations dépassent le plus ordinairement  $0'',5$ , exprime le désir que Messieurs les membres de la Commission veuillent bien s'assurer, par des observations directes, de la limite d'erreur que peut comporter l'emploi des microscopes tels qu'ils sont installés dès maintenant dans la chambre des comparateurs, et encore bien que ces microscopes ne soient pas soutenus par des douilles aussi longues qu'il aurait été désirable.

M. Fizeau est prié de vouloir bien donner quelques explications sur le procédé optique qu'il propose d'employer pour passer du mètre à bouts au mètre à traits.

Il a fait préparer un microscope qui permet de voir sous un grossissement déjà considérable une pointe fine d'argent pur, soit directement, soit par réflexion dans la surface terminale d'un petit prisme de platine. Il explique comment il s'est déjà rendu compte de l'influence tout à fait secondaire que produit, soit le défaut de montage des verres, soit l'aberration de sphéricité, soit enfin le phénomène de diffraction, lorsque les précautions sont convenablement prises pour rendre l'éclairage bien central et bien symétrique sur les deux bouts de la mesure en expérience, alors cependant que c'est seulement la moitié de l'objectif qui sert à la visée d'un côté ou de l'autre. La forme des diaphragmes a déjà été étudiée pour la réflexion faite sur un prisme de tourmaline dont l'épaisseur est égale à la demi-épaisseur du mètre des archives, et l'on pourra en tous cas se rendre compte, avec la plus grande exactitude, des différences

qui pourraient être dues à la réunion de ces différentes causes.

A la suite de ces explications, il est décidé qu'il y aura séance demain à deux heures avec l'ordre du jour suivant :

1° Discussion sur les divers moyens proposés pour passer du mètre à bouts au mètre à traits.

2° Etude des supports.

3° Température pour laquelle le mètre doit être construit.

4° Thermomètre devant accompagner le mètre international.

La séance est levée à 5 heures.

---



*Séance du Jeudi 4 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à 2 heures 1/2, sous la présidence de M. Mathieu.

M. Mathieu a voulu assister à la réunion, malgré les inquiétudes que lui donne l'état de santé de notre collègue, M. Laugier.

Sont présents : MM. Mathieu, président; général Morin et Miller, vice-présidents; Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Delaunay, Faye, Fizeau, général Jarras; Hirsch et Tresca, secrétaires.

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

M. le secrétaire donne lecture d'une lettre de M. le général Ibañez, qui exprime ses regrets de ne pouvoir, en ce moment, assister aux travaux du Comité.

M. Hirsch, au nom de la Sous-Commission désignée dans l'avant-dernière séance, donne lecture de la proposition suivante, que le Comité adopte à l'unanimité par un vote spécial :

« Considérant que la Commission internationale du mètre est appelée à indiquer toutes les mesures propres à donner au système métrique des poids et mesures un caractère véritablement international; que l'unité des poids et mesures ne saurait être obtenue, d'une manière rigoureuse et satisfaisante pour les besoins des sciences et des arts, qu'à la condition que tous les pays qui ont adopté le système métrique possèdent des étalons d'égale valeur et de construction identique, parfaitement comparables et rigoureusement comparés : Le Comité des recherches préparatoires envisage que la Commission internationale du mètre, pour remplir sa mission, devrait construire autant d'étalons identiques du mètre et du kilogramme que les États inté-

ressés en voudraient réclamer; que tous ces étalons doivent être comparés par les soins de la Commission, et leurs équations établies aussi exactement que possible; qu'ensuite, l'un de ces mètres et l'un de ces kilogrammes devraient être choisis comme prototypes internationaux, par rapport auxquels les équations de tous les autres seront exprimées; enfin que les autres étalons, ainsi exécutés, seront distribués indistinctement entre les différents états intéressés. »

M. Wild demande que lecture soit donnée, seulement pour prendre date, de la proposition qu'il a déposée sur le bureau de la Commission dès sa première réunion. La note de M. Wild est ainsi conçue :

« Proposition pour les nouveaux prototypes du système métrique, par M. Wild. »

1° Représentant matériel de l'unité de longueur : une règle en cristal de roche parfaitement pur et homogène, de 120 millimètres de longueur, 10 de hauteur et 5 de largeur, à faces planes et polies. Deux traits seront tracés sur une des faces latérales les plus étroites à la distance de 100 millimètres; ces traits seraient recoupés chacun par deux lignes parallèles, écartées de 0.2 millimètre environ.

2° Représentant matériel de l'unité de poids : une sphère parfaitement polie, en cristal de roche, pur et homogène, du poids de 100 grammes.

Les motifs à l'appui de ces propositions, ainsi que les détails y relatifs, seront exposés dans un mémoire en cours de rédaction.

Paris, le 2 avril 1872. Le texte même de la proposition de M. Wild sera inséré au procès-verbal.

M. Wild a suivi avec soin les explications qui ont été données par M. Fizeau, et entre dans quelques détails sur le mode d'éclairage qu'il a adopté, dans des conditions analogues, lors des comparaisons qu'il a dû faire à Berne, en collaboration avec M. Hirsch, avec le mètre vérifié au Conservatoire. Un faisceau de lumière était dirigé horizontalement sur un miroir incliné à 45° et placé à l'extrémité du microscope; le faisceau réfléchi



par ce miroir rasait la pointe que l'on devait amener au contact, et après s'être réfléchi sur un second miroir placé au-dessous de cette pointe, formait enfin une dernière reflexion sur le bout du mètre. Cet éclairage par en haut est plus facilement applicable aux comparaisons qui doivent se faire dans un liquide; il permet de voir la pointe et son image, tout à fait noires, sur un fond brillant, et le réflecteur placé au-dessus de la pointe est alors en tout semblable à celui qu'il conviendrait d'employer pour illuminer le trait du mètre en comparaison.

Quant aux influences que pourraient exercer les défauts des microscopes dont la moitié de l'objectif est alors utilisée, MM. Wild et Hirsch les éliminent facilement, soit en alternant les microscopes entre eux, soit en les faisant tourner chacun de 180°.

M. Fizeau signale la différence d'emploi entre les pointes, qui ne constituaient qu'un moyen accessoire dans les observations de M. Wild, et qui, dans le procédé qu'il propose, définissent entre elles la longueur exacte et totale qu'il s'agit de comparer.

D'un autre côté, M. Fizeau ne croit à la complète efficacité du procédé que si toutes les circonstances de l'éclairage sont absolument symétriques. Il ne trouve pas dans les conditions dissymétriques, proposées par M. Wild, le degré de précision qu'il faut cette fois rechercher. Il a peine à croire d'ailleurs à la netteté des contours dans ce mode d'éclairage, qui ne saurait convenir aux pointes très-fines qu'il compte employer sans les amener tout à fait au contact. Les pointes de M. Wild étaient beaucoup moins effilées.

M. Hirsch assure cependant que le résultat a été très-satisfaisant puisqu'il a conduit à une erreur de pointé de 4 demi-millième de millimètre seulement, et que l'expérience a ainsi prononcé sur la complète netteté de l'image. Quant aux mesures ainsi prises avec le microscope, elles n'étaient pas du tout secondaires, et l'on peut complètement faire abstraction des traits que comportaient les tiges des pointes, comme repères, à une certaine distance, 137 millimètres de l'extrémité. Le détail des opérations effectuées est d'ailleurs exactement décrit dans l'ouvrage déjà cité, de M. Wild : *Bericht über die Arbeiten zur Reform der Schweizerischen Urmaasse*.

Au reste, M. Wild n'a certainement voulu faire aucune critique

du mode d'éclairage de M. Fizeau ; il en a seulement décrit une modification plus facilement applicable, dans le cas où la règle devrait être immergée dans un liquide.

M. Delaunay trouve, dans les indications qui viennent d'être données, un nouveau degré de certitude dans l'emploi du procédé des pointes, puisque déjà il a fourni dans d'autres circonstances de si excellents résultats.

M. Lang croit qu'on obtiendrait un résultat tout aussi favorable en déterminant l'éclairage au moyen d'une glace à faces parallèles, placée, sous un angle convenable, dans l'intérieur même du corps du microscope.

M. Wild se demande si au moyen des pointes il ne serait pas possible de faire, concurremment avec la méthode de M. Lang, l'exploration des surfaces terminales du mètre des Archives. M. Fizeau est, à cet égard, d'avis que si les pointes sont dures elles ne pourront être employées de crainte d'accident, et que si elles sont molles elles ne sauraient offrir aucune sécurité.

M. Foerster donne quelques détails sur les moyens qu'il a employés pour la comparaison d'un mètre à bouts avec un mètre à traits, à l'aide de touches sphériques ménagées aux extrémités de deux petits cylindres placés dans l'axe du mètre à bouts. Les parties sphériques d'un diamètre de 2 centimètres, portaient, à peu de distance du contact, un trait sur plaque d'argent incrustée, et les cylindres eux-mêmes étaient munis de petits niveaux pour vérifier leur horizontalité. Les deux touches étaient, dans une opération spéciale, amenées au contact pour la détermination de la distance comprise entre les deux traits.

M. Foerster s'est assuré que l'on pouvait doubler les petits contre-poids destinés à assurer le contact sans modifier d'une manière appréciable l'estimation des longueurs.

Il est sans doute à craindre, dans les opérations de cette nature, que les différents contacts d'une même touche n'aient pas absolument lieu au même point ; mais M. Foerster ajoute que l'on doit réussir à remplir toutes les conditions géométriques du problème en munissant les pièces palpantes de petits colimateurs dont les fils horizontaux et verticaux permettraient de déterminer et de vérifier la position de chaque pièce dans toutes les opérations.

M. Tresca montre, à cette occasion, à la Commission, les touches analogues dont il s'est servi pour le même objet. Elles diffèrent de celles de M. Foerster, en ce qu'elles appartiennent chacune à un sabot prismatique de même épaisseur que la règle qui doit être palpée au centre de sa face terminale. Il n'était pas nécessaire, dans cette combinaison, d'employer des niveaux, parce que les sabots reposaient directement, comme le mètre lui-même, sur la table du comparateur, et au moyen d'un petit biseau, rapporté sur l'un d'eux et qui venait recouvrir à moitié la touche de l'autre, on a pu tracer d'un seul coup les deux parties d'une même ligne de foi, qui comprennent après leur séparation la longueur même du mètre en comparaison.

M. Tresca est le premier à reconnaître que ces moyens ne sauraient conduire à une précision du même ordre que celle du procédé optique qui lui paraît de tous points bien supérieur.

M. Foerster ayant rappelé le procédé appliqué par M. Struve, et déjà signalé dans une lettre de M. Airy, M. Miller a remis à la Commission une note sur le même sujet :

Cette note est ainsi conçue :

4 avril 1872.

« Dans la séance de ce jour l'on a parlé d'une méthode adoptée par M. Otto Struve pour passer d'un mètre à bouts à un mètre à traits. Cette méthode est complètement décrite dans le Mémoire de M. Struve sur la mesure d'un arc du méridien.

Au moment de la construction des nouveaux étalons, en Angleterre, il n'existait pas d'instrument précis pour passer d'un étalon à traits à un étalon à bouts, et on s'est servi de la méthode suggérée par M. Simms jeune. Voir le Mémoire de M. Airy, page 65, section VIII : Confection des barres pour mesures à bouts.

La méthode employée par M. Struve comporte l'emploi de deux mètres à bouts ayant des extrémités sphériques, et exige aussi que l'un au moins des deux mètres soit suspendu, ou qu'il repose sur des supports mobiles sphériques ou cylindriques. Une autre condition consiste en ce qu'au milieu de chaque barreau métrique l'on creuse une cavité ou puits, jusqu'à hauteur de son axe de figure, et qu'au fond de ce puits on ait tracé une ligne normale à l'axe du barreau, ce qui est exactement

analogue aux cavités ménagées aux extrémités du yard étalon anglais, d'après mon avis, par M. Baily.

Les deux barreaux sont placés bout à bout par deux de leurs extrémités, et la distance entre les traits des milieux comparée au mètre à traits; supposons qu'on la trouve trop longue d'une quantité  $x$ . Si on place ensuite les deux mètres bout à bout par les deux autres extrémités, la distance entre les traits des milieux sera maintenant inférieure au mètre de la même quantité  $x$ .

J'ai supposé que les deux mesures à bouts étaient des mètres exacts, ce qui est impossible. Mais leurs différences étant connues, les corrections qu'il conviendra d'appliquer sont trop évidentes pour qu'il soit convenable d'y insister.

Cette méthode est d'une très-grande élégance, elle donne cependant lieu à quelques objections de pratique. Les petits puits ménagés aux extrémités du yard-étalon anglais ne l'affaiblissent pas; mais ceux qui seraient creusés au milieu de la longueur des règles les affaibliraient, et puis cet effet serait encore plus dangereux, attendu que le vide formé n'est pas symétrique, car il ne pénètre que jusqu'à l'axe du barreau.

Dans une note que j'ai lue, il n'y a pas encore longtemps, à la Société philosophique de Cambridge, je fis remarquer que dans cette manière de passer d'un mètre à bouts à un mètre à traits il n'est nullement nécessaire de creuser un puits dans le barreau.

Ce qui me suffit est une marque pouvant être bissectée à l'aide de la vis micrométrique d'un microscope visant exactement dans le plan de l'axe du mètre, et cette marque n'est nécessaire que pour le temps employé à la comparaison : 12 heures et même moins.

Supposons que la section de la barre, normale à son axe, soit un carré, quoique cette forme ne soit pas nécessaire. Fixez d'une manière convenable un prisme à réflexion totale au milieu de la barre et ayant l'une des faces, comprenant l'angle de  $90^\circ$ , parallèle à la surface de la barre. Placez devant le prisme une marque B, dans une position telle que l'image de B puisse être vue par réflexion sur l'axe de la barre.

Chacune des deux barres, portant un semblable prisme et une pareille marque, peut être employée au lieu des barres percées dont s'est servi M. Struve, et l'on pourrait peut-être obtenir quel-



que avantage en changeant la position des marques, d'un jour à l'autre, pour répéter les observations.

Un autre grand avantage consiste en ce que les marques peuvent être formées d'objets transparents, qui sont beaucoup plus exactement bissectés que des lignes tracées sur une surface métallique.

Peut-être serait-il avantageux d'allonger le prisme à angle droit et de tracer une ligne sur la surface extérieure que l'on ajusterait avec grand soin, par un rodage.

J'ai préparé une disposition qui montre comment le prisme peut être fixé au barreau, sur un modèle grossier, afin d'en faire comprendre l'idée, mais non pas le mode d'exécution.

M. Faye, tout en étant grand admirateur des moyens optiques, ne saurait perdre de vue que les anciens mètres ont tous été comparés avec des touches, et il importerait de savoir si les deux procédés conduiront à des résultats suffisamment concordants. L'intérêt que commande la précision du procédé optique ne peut faire abandonner l'emploi des toucheurs avant que l'infériorité de celui-ci n'ait été pratiquement démontrée.

M. Hirsch fait remarquer, à cet égard, que la Commission a décidé que les moyens optiques seraient d'abord employés, et que le mètre des Archives ne peut plus être soumis à aucun contact qu'avec l'autorisation et pour le besoin de la Commission elle-même. Il croit d'ailleurs que ces moyens peuvent seuls permettre d'échapper aux accidents survenus aux surfaces terminales et de retrouver la valeur primitive du mètre des archives.

M. Foerster pense qu'il sera bon de mettre d'abord les deux procédés d'accord, dans des expériences préliminaires, et de ne se servir définitivement que de celui qui aura présenté le plus de certitude; c'est, dans son opinion, le procédé optique. Cette étude comparative devrait, dit M. Delaunay, être entièrement faite par des opérations sur un mètre auxiliaire.

M. Hirsch ayant, parmi les arguments invoqués en faveur de l'emploi des pointes, évalué par simple voie d'appréciation à un centième de millimètre la dépression possible, au centre des bouts du mètre des archives, et ayant été vivement contredit dans cette évaluation par M. Faye, appuie son appréciation sur ce fait qu'on voit ces dépressions parfaitement et distinctement à

l'œil nu et qu'il croit que la limite physiologique de la vue distincte, dans ces conditions, ne saurait être au-dessous d'un centième de millimètre.

M. Faye considère cette évaluation au centième de millimètre, comme beaucoup trop grande, et il se fonde dans cette indication sur ce que le centième de millimètre se lit assez facilement sur un vernier.

M. Fizeau ne croit pas non plus à une déformation aussi grande. Les saillies laissées par le travail de l'outil ont seules pu être aplaties au centre, mais ce petit écrasement, en rendant la surface brillante, ne saurait en tous cas donner lieu qu'à un enfoncement limité à la profondeur même des traits primitifs.

La discussion s'engage sur le sens du déplacement qu'il convient d'imprimer aux règles pour en faire successivement passer les extrémités sous la visée des microscopes.

M. Fizeau insiste sur l'avantage du mouvement longitudinal qui permet de réaliser l'ensemble de toutes les conditions nécessaires, avec un caractère d'unité que tout autre procédé ne comporte pas. Le mouvement longitudinal du plan sur lequel reposent les deux règles s'applique en effet non seulement à la comparaison du mètre à bouts avec le mètre à traits, mais encore à la confection de ce dernier mètre et à la comparaison de deux mètres à traits. Il n'est pas besoin de faire ressortir l'avantage relatif de cette disposition, quant au tracé, qui se fait successivement, par le même tracelet, après un déplacement précisément réglé à la longueur de la règle à traduire, étant bien entendu d'ailleurs que l'emploi d'un collimateur est nécessaire pour calculer l'influence de la moindre déviation, s'il s'en produit une, dans la direction du mouvement.

M. Foerster reproche au système qui vient d'être indiqué une incertitude grave, résultant de ce qu'une déviation d'une seconde seulement déterminerait déjà une erreur de un dix millième de millimètre entre deux règles dont les axes ne seraient séparés que par une distance de deux centimètres.

Sans donner une solution à cette difficulté, M. Fizeau aperçoit cependant un moyen d'amplifier optiquement la mesure de cette déviation s'il y en a une, par l'emploi de réflexions successives, de manière à établir dans chaque observation si elle est restreinte dans des limites suffisamment étroites. Nos construc-

teurs prétendent d'ailleurs qu'ils peuvent réaliser un tel déplacement rectiligne, dont nous trouvons les analogues dans un grand nombre d'instruments, avec une précision presque mathématique.

M. Lang craint surtout dans ce déplacement longitudinal la mobilité du mètre par rapport aux pointes qui seraient évidemment écrasées par le moindre glissement relatif.

M. Hirsch rappelle l'étonnement avec lequel lui et ses collègues étrangers ont envisagé cette disposition longitudinale lorsqu'elle leur a été montrée pour la première fois. Il sait bien que Borda, Lenoir et Gambey l'ont déjà employée, et l'on pourrait sous ce rapport la désigner sous le nom de système français, quoiqu'elle ait été abandonnée lors de la construction de la règle de base du gouvernement espagnol, exécutée sous la direction de M. le colonel Ibañez par MM. Brunner. Aucun des comparateurs étrangers n'admet cette opération qu'on ne retrouve ni dans les travaux de Bessel, ni à Berne, ni à Berlin, ni en Angleterre. On est dans ces pays généralement d'avis qu'on obtient les mêmes résultats avec beaucoup moins d'inconvénients en déplaçant les règles simplement, dans le sens transversal, de la quantité, bien moins grande, qui mesure seulement la distance entre leurs axes, quelques centimètres à peine, en employant, il est vrai, un microscope à chaque extrémité; mais ces microscopes pourraient être au besoin logés dans un massif de pierre et devraient en tous cas être établis avec une très-grande stabilité.

En outre des avantages que cette disposition présente sous le rapport du petit déplacement qu'elle exige, comme aussi parce qu'elle est à l'abri de toutes déviations anormales qui, si elles se produisaient, ne permettraient pas d'opérer, elle est la seule qui se prête aux comparaisons faites dans un liquide, ce que M. Hirsch considère comme une condition indispensable, depuis que l'emploi de la glycérine satisfait à toutes les conditions de transparence et de conductibilité désirables.

M. Fizeau se refuse à considérer ce procédé pour préférable à celui du déplacement longitudinal, en ce qu'il suppose absolument l'invariabilité non-seulement de la distance d'un mètre compris entre les microscopes, mais encore celle de leurs axes optiques à cette distance.

M. Tresca a fait soit seul, soit avec M. Chisholm, un grand

nombre de comparaisons par un procédé qui comporte à la fois le déplacement longitudinal et le déplacement transversal à l'aide du seul microscope que comportait alors le comparateur qu'il a fait construire en 1867 par M. Dumoulin Froment.

Le chariot pouvait être déplacé de manière à amener dans l'axe du microscope, successivement, les quatre traits A, A', B et B' des deux règles, et l'on pouvait même le faire dans un ordre tel que les différences s'additionnaient sur le tambour du micromètre. Il a remarqué que, dans cet emploi du comparateur, les glissements se produisaient plutôt dans le déplacement transversal que dans le déplacement longitudinal et tout en reconnaissant avec M. Foerster que les déviations déterminées par le premier mode sont nécessairement constatées dans les lectures successives, il ne saurait penser que le déplacement transversal puisse être désigné dès à présent comme étant le seul convenable.

Il ne saurait, en tous cas, se prêter comme l'autre à la confection des règles à traits, et la discussion actuelle donne à M. Tresca l'occasion de déclarer qu'après le départ de Messieurs les membres du Comité, il se rendra personnellement compte des avantages et des inconvénients relatifs des deux systèmes, dans le même comparateur et dans les mêmes conditions de stabilité. Il lui suffira, pour faire cette étude, de déplacer l'un des microscopes actuels et de le fixer soit à une même pierre avec le premier, soit sur une colonne distincte, établie dans les mêmes conditions que celle déjà existante.

M. Tresca est d'autant plus fondé à croire que, sous le rapport de leur exactitude, les deux procédés peuvent s'équivaloir, que dans une série de comparaisons faites à des températures différentes entre deux mêmes règles, il est arrivé à constater, en employant un seul microscope, et par conséquent en utilisant les deux mouvements, que les différences de longueur croissent proportionnellement à la différence des températures, ce qui suffit pour démontrer que les causes d'erreur ne sont, dans aucun des deux mouvements, si considérables qu'elles puissent inspirer des craintes sérieuses. Cependant il ne faut pas se dissimuler que le mouvement longitudinal devra dans toute son étendue être effectué avec une grande lenteur pour que des déplacements anormaux, qui écraseraient l'une ou



l'autre des pointes, ne puissent se produire ni pendant la période de mise en marche, ni pendant la période d'arrêt. C'est là sans doute le plus grand obstacle que l'on rencontrera dans la pratique et qui lui paraît bien plus à craindre que toute déviation angulaire que l'on sera toujours maître d'éviter au moyen de retouches convenables, faites s'il y a lieu, aux coulisses de l'instrument.

Quant à l'impossibilité de se servir du mouvement longitudinal dans le cas de l'immersion des mètres dans un liquide, l'expérience a parfaitement prouvé qu'elle n'était pas réelle, et l'on comprend en effet que cette condition ne peut imposer aucune autre difficulté que celle qui résulterait d'un ralentissement, sans doute fâcheux au point de vue de la rapidité des opérations, mais non défavorable à leur degré de précision.

M. Hirsch estime qu'au point où en est arrivée la discussion, la marche du travail de la Commission paraît comporter plusieurs stations distinctes.

En ce qui concerne le passage du mètre à bouts au mètre à traits, en admettant, comme il a été dit tout à l'heure, que le procédé du déplacement transversal soit le moins contestable, il ne faudrait pas cependant attribuer à cette partie de notre tâche une importance trop grande. L'exécution de ce mètre n'a pas besoin d'être faite, à beaucoup près, avec la même rigueur que la comparaison avec le mètre des archives, ce qui constituera la seconde de nos opérations à faire; enfin il s'agira de copier ce premier mètre et de comparer toutes ces copies entre elles.

M. Faye insiste sur ce qu'en effet c'est seulement en distinguant les unes des autres ces diverses phases du travail à faire que nous pourrons employer pour chacune d'elles les dispositions les mieux appropriées.

C'est en se plaçant également au même point de vue de la subdivision nécessaire du travail, que M. Tresca insiste pour qu'on mette en parallèle, pour le tracé, avec le procédé du déplacement longitudinal, tel autre procédé que l'on jugerait préférable. S'il n'en existe pas, la Commission se trouve ainsi conduite à l'employer dans sa première opération, et avec d'autant plus de raison, suivant lui, qu'il permettrait au besoin de construire

simultanément, au moyen de tracelets distincts, plusieurs mètres absolument identiques, dans une seule et même opération.

M. Hirsch croit qu'il serait en effet fort utile de confectionner tout d'abord un certain nombre de mètres à traits absolument identiques, pour être employés ensuite aux diverses opérations ultérieures.

La Commission décide que les questions à l'ordre du jour seront continuées à une prochaine réunion, qui est fixée à samedi 6 avril à deux heures.

A la suite de la séance qui aura lieu demain à neuf heures chez M. Deville, les installations provisoires du Conservatoire seront visitées par ceux de Messieurs les membres de la Commission qui voudront bien les examiner.

La séance est levée à 5 heures.

---

*Séance du Vendredi 5 Avril 1872.*

---

La réunion a lieu à neuf heures, à l'école normale, dans le laboratoire de M. H. Sainte-Claire Deville.

Sont présents : M. le général Morin et M. Miller, vice-présidents; MM. Aguirre y Montufar, Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Faye, Fizeau; Hirsch et Tresca, secrétaires.

La Commission du mètre s'étant réunie dans le laboratoire de l'École normale, M. H. Sainte-Claire Deville a exposé à ses membres ce qui suit :

Si la règle doit être en métal, il n'y a pas d'autre matière acceptable aujourd'hui que le platine ou l'un de ses alliages.

Le platine est, à l'état de pureté, un peu mou, peu élastique et par suite trop facile à se déformer.

L'alliage du platine avec un métal comme le cuivre ne peut jamais être homogène. Le cuivre mêlé mécaniquement au platine en éponge pulvérisée, puis rapproché au marteau, ne peut s'incorporer d'une manière bien régulière au platine. Le cuivre fondu avec le platine donne un alliage éminemment sujet à la liquation, à cause de la différence considérable qui existe entre les densités des deux métaux.

Le platine fondu avec un métal commun donne à celui-ci, même lorsqu'il domine beaucoup dans l'alliage, des propriétés très-étranges. Du plomb, contenant quelques centièmes de platine, s'exfolie à l'air, en se carbonatant avec une rapidité extrême. M. Deville met sous les yeux de la Commission des lingots de cette matière, entièrement transformés jusqu'au

centre en une croûte compacte et noire de crasse imprégnée de platine métallique.

C'est là ce qui se produit toujours lorsque deux métaux s'allient en absorbant de la chaleur, ou se refroidissent mutuellement comme le font le zinc et le mercure. L'alliage s'abaisse dans la série des matières métalliques et devient très-altérable.

Il faut donc se garder de faire l'alliage du mètre avec un mélange de platine et de métaux communs. Restent l'or et les métaux de la mine de platine. Ceux-ci sont de deux sortes : trois d'entre eux, le palladium, le rhodium et le ruthénium ont une densité relativement faible (11 environ), trop différente de la densité du platine (21,45) pour que, dans la fabrication de leur alliage, on n'ait pas à craindre une liquation. D'ailleurs ils sont très-rares et très-difficiles à obtenir à l'état de pureté absolue.

Il n'en est pas de même de l'iridium dont la densité est exactement la même que la densité du platine, dont le coefficient de dilatation est extrêmement faible, et qui, de tous les métaux de la mine de platine est, après le platine lui-même, celui qui se prépare avec la plus grande facilité et qui se trouve en plus grande abondance.

Cependant les procédés employés jusqu'ici ne permettent pas d'obtenir l'iridium absolument dépouillé de rhodium et même de palladium. M. Deville donne la raison des difficultés qu'on rencontre et expose sommairement la méthode qu'il emploie pour cette préparation, méthode qui résulte de ses travaux avec M. Debray.

Les propriétés des alliages de platine et de 40, 45, 30 0/0 d'iridium ont été étudiées avec détail : M. Deville en fait la description sommaire.

Restent les alliages d'or et de platine que la Commission étudie en ce moment. M. Deville pense que la différence (21; 15.29) entre les densités de ces deux métaux, est déjà assez grande pour qu'on ait à redouter les effets de la liquation et par suite le défaut d'homogénéité dans la barre. M. Deville pense qu'on pourrait fondre dans un creuset de terre bien réfractaire l'or allié à une grande quantité de platine par les

moyens métallurgiques ordinaires, ce qui peut paraître avantageux.

Mais la fusion et le moulage du platine allié à l'iridium est une opération si facile que M. Deville ne craint pas de s'engager à fondre et à couler en lingotière une masse de 200 kilog. de cet alliage. Déjà, à Londres, chez M. Matthey, une opération de ce genre réalisée en présence de Faraday sur 400 kilog. de platine avait donné d'excellents résultats <sup>1</sup>.

Pour donner une idée de ces procédés, M. Deville fond et coule dans une lingotière de chaux 2 kilogrammes de platine dont le moulage paraît très-bien opéré, à en juger au moins par les caractères extérieurs du lingot.

Enfin M. Deville donne une idée sommaire des procédés analytiques, nouveaux en quelques points, et de méthodes d'essais sommaires qui permettent d'obtenir très-facilement et très-exactement la composition d'un alliage en proportions quelconques de platine et d'iridium.

En résumé, M. Deville conseille à la Commission d'adopter l'alliage de platine et d'iridium, se rapprochant autant que possible de la composition de la règle d'essai expérimentée par la Commission. Il fait remarquer que cette règle contient quelques centièmes de palladium et de rhodium dont la présence pourrait être évitée dans la confection des nouvelles règles. Il ne doute pas qu'avec les puissants moyens de fabrication dont dispose M. Matthey et les grandes quantités de minerai d'iridium que possède ce savant et intelligent industriel, tous les projets énoncés ne puissent recevoir leur complète exécution.

A la suite de cet exposé plusieurs des membres présents remercient M. Sainte-Claire Deville des indications qu'il a bien voulu donner à la réunion et qui sont si favorables à l'emploi du platine iridié.

On examine incidemment les avantages de l'emploi d'un cristal de quartz, dans le cas où l'on pourrait en recueillir qui fussent d'une assez grande longueur.

Quelques observations sont également échangées sur l'emploi du cuivre déposé par les procédés galvanoplastiques. M. Fizeau

1. Une représentation de ce lingot moulé en plâtre et recouvert de feuilles d'aluminium battu a été mise sous les yeux de la Commission.

rappelle que ce cuivre n'est pas absolument exempt de toute matière étrangère, et M. Wild ne pense pas d'ailleurs qu'on puisse obtenir par ces procédés une règle dont toutes les surfaces soient suffisamment planes ou régulières.

La séance est levée à 11 heures.

---



*Séance du Samedi 6 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à deux heures et demie sous la présidence de M. Morin.

Sont présents : M. Morin et Miller, vice-présidents ; Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Delaunay, Faye, Fizeau, Sainte-Claire Deville ; Hirsch et Tresca, secrétaires ;

Le procès-verbal de la séance du 4 avril est lu et adopté.

A l'occasion du procès-verbal, M. Foerster croit devoir indiquer que le procédé, rappelé dans la note de M. Miller, avait été employé par M. Otto Struve dès 1847, et déjà décrit antérieurement.

M. Chisholm pourra remettre à la Commission le procès-verbal imprimé des comparaisons dont M. Tresca a parlé dans la dernière séance, et qui ont été faites en utilisant, avec un seul microscope, le déplacement transversal et le déplacement longitudinal des règles.

M. Fizeau s'estime heureux de confirmer à la réunion l'espoir qu'il avait manifesté de pouvoir amplifier les déviations angulaires du collimateur, de manière à contrôler plus efficacement la véritable mesure de ces déviations. La limite de la seconde, admise dans les observatoires pour des opérations à grandes périodes, pourrait certainement être abaissée dans les laboratoires pour les opérations de courte durée. Mais en admettant même que cette limite ne soit point dépassée, il est facile d'augmenter les déviations au moyen des réflexions multiples qui se produisent entre deux glaces avec accroissement des déviations angulaires, analogue à celui qui se produit pour une réflexion avec le miroir tournant de M. Wheatstone.

Le mode que propose aujourd'hui M. Fizeau et que l'on a pu

voir fonctionner avant la séance, consiste dans l'emploi de glaces platinées ou argentées qui, en même temps qu'elles forment miroir, sont néanmoins transparentes. Par suite des passages et des réflexions successifs sur deux verres à faces parallèles ainsi préparés et appliqués sur les objectifs des deux lunettes on peut obtenir des images distinctes après 2, 4, 6, 8 réflexions; les angles de déviation totale augmentent d'ailleurs comme les nombres 3, 5, 7, 9, la déviation ordinaire étant 1. La quatrième image se voit très-facilement de cette façon dans un goniomètre, et M. Fizeau se propose d'appliquer le même système à la collimation du comparateur.

M. Delaunay, tout en reconnaissant la réussite probable de ce procédé, et la convenance de son application, lors du tracé d'un mètre, avec déplacement longitudinal, ne saurait admettre qu'il réponde aux objections faites au procédé de transport longitudinal en ce qui concerne les comparaisons. Le mouvement longitudinal doit être, selon M. Delaunay, écarté pour d'autres raisons. Le collimateur perfectionné de M. Fizeau permet de constater la déviation, mais non d'en faire apprécier l'influence exacte sur la longueur apparente du mètre.

Il ne permettrait pas d'ailleurs d'éliminer absolument cette influence, dès lors qu'un déplacement de un deux centième de millimètre sur la longueur du mètre équivaut déjà à la déviation d'une seconde, prise pour base dans les précédentes observations. Il fera encore une autre objection. Le déplacement longitudinal ne porte avec lui aucun contrôle; rien ne peut indiquer s'il y a eu réellement, dans une opération donnée, un glissement relatif, tandis que le déplacement latéral trouve au contraire un contrôle sévère et à l'abri de toutes contestations par les lectures simultanées qu'il exige, sous les deux microscopes latéraux.

M. Fizeau répond, sur ce point, que c'est faire abstraction de la répétition toujours indispensable des opérations, car personne n'admettra qu'il puisse y avoir successivement deux glissements de sens contraires et parfaitement égaux entre eux.

M. Deville a peine à croire que l'on puisse réellement compter sur l'invariabilité de la longueur, que comporte le mode de déplacement transversal, comprise entre les axes des deux microscopes, même en supposant qu'ils fussent enchâssés dans le mur le plus solide.



M. Delaunay fait remarquer que le défaut de stabilité ne peut guère être invoqué dans le temps qui s'écoule pendant une opération dont la durée est de quelques minutes au plus.

M. Hirsch ajoute que, sous ce rapport même, la variabilité des microscopes placés au centre du comparateur est bien plus à craindre pendant la durée d'un déplacement lent d'un mètre de longueur, que pour celui des trois centimètres qui correspondent, dans le cas du transport transversal, à toute l'amplitude nécessaire.

Si le transport est trente fois plus long, il faudra y consacrer au moins dix minutes au lieu de deux. Encore cette dernière durée, confirmée par M. Chisholm à l'aide de certains procès-verbaux de comparaison, pourrait-elle être restreinte d'une manière notable, si deux observateurs alternaient leurs lectures d'un microscope à l'autre.

M. Deville n'accorderait qu'une bien médiocre confiance à des comparaisons faites dans ces conditions, et M. Hirsch conclut en disant que l'emploi du nouveau collimateur, surabondant pour la confection d'un mètre, est absolument insuffisant dans les comparaisons à effectuer. Il rappelle à ce sujet que la même objection n'est pas applicable au tracé des mètres, opération dans laquelle la même précision n'est pas indispensable, l'erreur du tracé pouvant être alors cent fois plus grande que dans les comparaisons, sans qu'il en résulte un grave inconvénient.

M. Wild et M. Foerster ne comprendraient pas non plus que l'on eût recours pour les comparaisons au mouvement longitudinal; ce serait faire abstraction de toute l'expérience acquise, soit à Berlin depuis 1834, soit à Londres, Berne et Munich, soit même à Paris et en Espagne, dans les beaux travaux de M. Ibañez, tandis que le transport longitudinal est loin de se recommander par les résultats des déterminations faites en France à diverses époques.

M. Tresca croit qu'il y a erreur dans cette dernière affirmation, aucune des déterminations indiquées n'ayant jamais été faite que par le procédé de la substitution, évidemment très-inférieur, ou par celui du transport du microscope qui ne saurait être comparé, sous le rapport de la précision, aux deux moyens qui font l'objet de la discussion actuelle.

M. Wild ne voudrait pas que l'opinion s'accréditât de considérer le transport longitudinal, comme le seul moyen d'obtenir une bonne copie à traits d'un mètre à bouts. On a souvent opéré en laissant les mètres immobiles, et en déplaçant simultanément un chariot porteur du microscope et du tracelet. Ce procédé, qui est susceptible d'une certaine précision, offre l'avantage résultant de la réduction de la longueur du banc à un mètre au lieu de deux mètres.

A la suite de cette discussion, M. Hirsch pense que le Comité pourrait dès à présent se prononcer sur l'indépendance des deux opérations et sur celle des instruments qu'il convient d'employer. Tous les membres de la réunion, paraissant d'accord sur l'esprit dans lequel des résolutions pourraient être proposées, chargent MM. Hirsch et Tresca de rédiger, séance tenante, une formule sur laquelle le Comité serait appelé à délibérer.

M. Tresca donne lecture de l'ensemble de cette rédaction, dont la réunion vote successivement et à l'unanimité les divers paragraphes.

Le Comité est d'avis :

1° Que l'appareil avec lequel se fera la traduction du mètre à bouts en un mètre à traits devra être construit pour cet usage spécial et indépendamment de toute autre destination.

2° Que l'appareil, avec lequel se feront les comparaisons, devra de même être disposé suivant les meilleures conditions de sa destination.

3° Un appareil à déplacement longitudinal sera spécialement construit pour la confection du mètre à traits.

4° Un appareil à déplacement transversal et à deux microscopes, placés à la distance d'un mètre l'un de l'autre, sera spécialement construit pour l'exécution des comparaisons.

Il est d'ailleurs observé que l'appareil destiné à la confection du mètre pourra servir à telle expérience qui semblerait utile pour constater le degré de précision auquel il donnerait lieu dans les comparaisons.

Ces résolutions prises, M. le Président propose d'examiner les questions relatives au choix de la matière, qui avaient été remises

jusqu'après la conférence qu'a faite M. Deville sur la préparation et sur les propriétés du platine iridié.

M. Foerster déclare que, d'après les expériences faites et principalement par les raisons développées par M. Deville dans la conférence qu'il a bien voulu faire devant les membres de la Commission sur l'alliage de platine et d'iridium, il considère cet alliage comme parfaitement approprié à la confection des mètres à traits.

MM. Miller et Chisholm sont de la même opinion, et ils attribuent, à la difficulté qu'il y avait alors à se procurer du platine en Angleterre, le choix qui a été fait d'un autre alliage pour l'exécution des yards-étalons.

M. Wild est, quant à présent, d'avis qu'il y a lieu d'adopter pour le mètre à traits, à confectionner, un alliage de platine et d'iridium, sous réserve que l'on s'assurera au préalable et par des expériences spéciales de la limite jusqu'à laquelle la longueur d'un tel mètre se modifierait par des variations de température réitérées, de 0° à 40°, ou par son transport en chemin de fer.

M. Faye ajoute qu'il faudra nécessairement décider que l'essai, quant au transport, sera rigoureusement réalisé.

M. Lang partage l'avis de M. Wild, et M. Hirsch, tout en étant favorable à l'emploi de ce métal, désirerait que M. Tresca voulût bien faire connaître les différents essais auxquels il a été soumis par la Commission française au point de vue de ses propriétés physiques et mécaniques.

M. Tresca indiquera d'abord, comme propriété caractéristique de l'alliage de platine et d'iridium, l'identité de son coefficient de dilatation avec le métal du mètre des Archives, si complètement démontrée par M. Fizeau, ainsi que la permanence de ce coefficient après laminage et recuit.

La Commission française a discuté, à tous les points de vue, les propriétés de cet alliage : son coefficient d'élasticité a été déterminé sur la règle provisoire elle-même et se trouve être le plus considérable de tous ceux qui sont connus, circonstance du plus grand intérêt si l'on veut bien se reporter à la note publiée, par M. le général Morin, sur le retard de dilatation que l'adhérence sur le support peut déterminer dans une barre métallique. La petitesse du coefficient de dilatation et l'augmenta-

tion du coefficient d'élasticité sont simultanément les deux conditions les plus favorables sous ce rapport.

L'alliage se forge bien; mais dans le passage de la forme circulaire d'un lingot à la forme carrée, à l'étampe, il a été reconnu qu'il se présentait dans la section transversale des courbes de plus grande tension moléculaire, provenant même de petites ruptures, sous la forme de deux systèmes d'hyperboles contiguës ayant leurs quatre sommets vers le centre. Il est de la plus grande importance d'éviter toute irrégularité de tension moléculaire, et M. Tresca pense que cette expérience est assez probante pour déterminer la Commission à restreindre le forgeage des règles définitives à un martelage ou à un laminage bien égal, en conservant une similitude complète entre la section primitive de la barre et sa section finale. Sous ce rapport, la section rectangulaire lui paraîtrait préférable, sauf à y pratiquer après coup des rainures latérales si, contre son opinion, on les croyait utiles.

L'alliage de platine et d'iridium se polit difficilement; les poudres de matières dures s'y incrustent d'une manière tellement intime qu'il faut renoncer absolument à leur emploi, et ne compter que sur celui de la lime et du charbon. Les points durs signalés précédemment paraissent au contraire correspondre, dans l'échantillon qui est mis sous les yeux de la commission, à de petites soufflures, qu'un forgeage plus prolongé aurait peut-être fait disparaître et que l'on éviterait sans doute dans des coulées plus copieuses.

L'alliage se coupe très-bien sous l'action du diamant. Les copies, faites sur le comparateur en ce moment installé dans la chambre de cuivre, de plusieurs divisions du dixième de millimètre ont été vues avec un grossissement de 300 et 600 fois. Le canal creusé par l'outil est parfaitement cylindrique; éclairé un peu obliquement dans le sens longitudinal, comme le recommandait avec raison M. Chisholm dans notre dernière réunion, il est d'une largeur parfaitement régulière, de 3 millièmes de millimètre, à bords très-francs, encore bien qu'un petit bourrelet de matière ait été refoulé sur les bords et y forme une saillie continue, qui ne paraît pas cependant devoir nuire à l'exactitude du pointé.

M. Tresca pense que ce bourrelet doit être respecté à peine

de maculer le bord par un ébarbage et de le rendre beaucoup moins régulier. On devra cependant chercher à en éviter la formation en durcissant un peu plus le métal, ce que l'on obtiendrait sans doute avec facilité en augmentant la dose de l'iridium dans une minime proportion.

M. Tresca termine en mettant sous les yeux du Comité la règle provisoire à traits qui a été exécutée, il y a deux ans, avec le concours de M. Laugier. Les traits terminaux sont très-fins et recoupés chacun par deux traits perpendiculaires, distants de 0,2 millimètre. Nous pouvons dès aujourd'hui exécuter ces traits avec une perfection beaucoup plus grande.

M. Faye désire que toutes les indications données par M. Tresca sur les essais auxquels l'alliage proposé a été soumis par la Commission, soient reproduites au procès-verbal ; il y a un seul point sur lequel il n'est pas d'accord avec ces indications, en ce qu'il préférerait que les traits pussent être ébarbés, s'il est possible.

M. Hirsch demande qu'à la suite de ces renseignements favorables à l'emploi du platine iridié le vote sur le choix de la matière soit renvoyé à la prochaine réunion, qui est fixée au 7, à trois heures, avec continuation de l'ordre du jour précédemment arrêté.

La séance est levée à six heures trois quarts.

---



*Séance du Dimanche 7 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à trois heures un quart, sous la présidence de M. Morin.

Sont présents : MM. Morin et Miller, vice-présidents ; Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Delaunay, Faye, Fizeau ; Hirsch et Tresca, secrétaires.

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

M. Foerster demande la permission de diriger l'attention du Comité sur la sixième question du programme : le mètre international doit-il être un mètre à traits ou un mètre à bouts ?

Dans les discussions qui ont eu lieu jusqu'à présent, on a admis sans autre observation qu'il s'agirait seulement de la confection de mètres à traits. On comprend bien que la confection de tels mètres est un besoin des plus urgents de la science ; mais il existe aussi une incertitude regrettable pour les étalons à bouts, qui ont été comparés avec le mètre des Archives et les autres étalons français en platine. Les mètres à traits, qui sont répandus hors de France, ne jouissent, ni par rapport à l'état de leurs surfaces terminales, ni dans leurs équations normales, ni pour la détermination de leurs dilatations, du degré de précision demandé par la science moderne. On peut dire que ces incertitudes, qui n'ont pas peu contribué à mettre en suspicion les qualités du mètre des Archives, donnent lieu à de graves objections contre le système métrique et retardent sensiblement son introduction générale.

M. Foerster déclare donc qu'il croit nécessaire, non-seulement de s'occuper de la confection d'un mètre prototype à traits et d'en distribuer un assez grand nombre de copies exactes, mais aussi de la confection et de la détermination irréprochable de nouveaux étalons à bouts.

Il ajoute qu'une grande partie des opérations de précision demandent plutôt des étalons à bouts que des étalons à traits, et que la confection d'étalons à traits lui semble plus urgente, seulement parce qu'on n'a pas encore eu jusqu'à présent des mètres à traits légalisés d'une manière aussi formelle que les mètres à bouts.

Il croit enfin qu'il serait important d'étudier les questions de l'exactitude relative des comparaisons d'étalons à bouts et à traits, par la construction et la détermination rigoureuse des deux genres d'étalons, avant de se décider finalement sur la sixième question du programme.

Le Comité devant continuer l'examen de la question relative au choix de la matière en laquelle le mètre international devra être construit, lecture est donnée de toute la partie y relative dans le mémoire de M. le général Wrede qui recommande l'emploi des procédés galvanoplastiques pour obtenir un dépôt de cuivre.

M. de Jacobi a publié sur ce sujet des conclusions analogues; mais, lors de la conférence de M. Deville, plusieurs membres du Comité avaient fait remarquer que les dépôts galvaniques ne sont pas formés seulement de métal. On y retrouve d'autres substances qui ne permettent pas d'en considérer l'homogénéité comme absolue.

M. Wild propose de prier ces Messieurs de vouloir bien faire quelques essais, tout à fait nécessaires pour que leurs propositions soient appréciées en parfaite connaissance de cause.

MM. les secrétaires sont chargés de préparer une réponse en ce sens.

M. le président demande, si en présence des opinions qui se sont produites dans la dernière réunion, en faveur du platine iridié, il y a lieu de décider ou de continuer la discussion.

M. Hirsch a retenu, des communications de M. Deville et de M. Tresca, que le platine iridié est une excellente matière; mais toute difficulté n'est cependant pas encore levée.

Nous avons décidé qu'il ne s'agit pas seulement de construire un mètre, mais un certain nombre de mètres dont le prix est assez élevé et qui exigeraient, suivant la constitution de chaque pays, des ouvertures de crédits spéciales, pour lesquels MM. les

commissaires devront pressentir l'opinion de leurs gouvernements, surtout s'il s'agit pour chacun d'eux d'un étalon à bouts et d'un étalon à traits.

Le Comité n'a d'ailleurs rien à décider, mais à proposer, en accompagnant ses propositions des données qu'il aura recueillies.

Au point de vue technique, l'emploi de cette matière doit être subordonné à la condition qu'on pourra obtenir tous les mètres absolument identiques et autant que possible par une même coulée.

Nous ne connaissons pas encore la réponse de M. Deville sur ce point.

Les indications fournies par M. Tresca sur la pureté des traits font présumer que l'alliage proposé est convenable sous ce rapport; il n'en est que plus désirable, avant toute décision, d'obtenir quelques pointés dont les chiffres puissent être mis sous les yeux de la Commission.

Enfin M. Hirsch se joint à M. Wild pour qu'au préalable l'expérience ait prononcé sur l'influence des variations de température ou du transport.

Ces réserves ne sont en aucune façon l'expression d'un doute sur la convenance de l'adoption de cet alliage; il espère même qu'on sera conduit à ce résultat, mais il est impossible pour les membres du Comité de prendre, dans ce moment, une décision aussi fondamentale.

M. Morin fait ressortir les inconvénients de cette incertitude : si la question ne pouvait être décidée qu'en Commission générale, il faudrait donc attendre le mois de septembre sans faire aucun préparatif; nous ne pouvons cependant déranger si fréquemment les hommes considérables qui font partie de la Commission et qui s'attendent sans doute à terminer complètement leur mandat au mois de septembre.

M. Deville s'est expliqué clairement sur la certitude d'obtenir la quantité de platine nécessaire; il s'est chargé de s'assurer de la pureté complète du platine et de l'iridium à employer; il n'y a donc plus rien à apprendre de ce côté.

M. Wild pense de même que la question est restée entière malgré les indications favorables qui décideront sans doute en faveur du platine, et qu'il doit être établi que toutes les décisions prises le sont seulement à titre de renseignements ou d'avis.

à soumettre à la Commission générale. S'il devait consulter ses appréciations personnelles, il serait d'ailleurs conduit à ne pas adopter un métal.

M. Faye désirerait savoir si quelque membre du Comité aurait à faire une proposition différente ou si, au contraire, nous sommes tous d'avis favorable à l'emploi du platine iridié. On pourrait dès lors prendre son parti et formuler une proposition.

M. Hirsch répond que MM. Wrede et Jacobi sont d'un avis différent, que le métal de Baily peut avoir aussi ses partisans, et que, par conséquent, on ne pourrait s'arrêter encore à une solution définitive.

M. Miller et M. Chisholm se prononcent nettement pour l'emploi du platine iridié, la matière première ne pouvant certainement faire défaut. M. Foerster déclare ne pouvoir voter avant que les expériences demandées ne soient faites, et M. Fizeau fait remarquer que l'adhésion presque unanime sur les convenances de cet emploi ne saurait être suspendue, quant à son effet, par la seule question de savoir si tous les mètres pourraient être fondus d'un même bloc, ce qui serait d'ailleurs à discuter, au point de vue de la meilleure disposition à prendre pour obtenir la plus grande homogénéité.

Dans cette situation et dans le but d'arriver encore à une complète unité de vues, la rédaction suivante est proposée et ensuite votée à l'unanimité :

Considérant que le platine iridié paraît être la matière la plus convenable pour la confection d'un mètre à traits, le Comité est d'avis qu'un tel mètre sera construit à deux exemplaires pour être soumis à tous les essais qui paraîtront désirables.

Le Comité s'occupe ensuite de la proposition de M. Foerster relative à la construction d'étalons à bouts.

M. Morin croit que la Commission a été constituée spécialement pour l'exécution d'un mètre international à traits et que la Commission s'est d'ailleurs suffisamment prononcée sur cette question pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir par une nouvelle discussion.

M. Delaunay pense que le mètre à traits présente des avantages considérables sous le rapport de la précision et de l'inaltérabilité. Le véritable étalon doit donc être construit de cette

façon, mais rien n'empêchera ensuite que, pour certaines applications, chaque État ne construise des étalons à bouts.

M. Wild demande que, vu l'heure avancée, la discussion soit remise à la prochaine réunion ; mais, avant de se séparer, le Comité désire connaître l'opinion de M. Miller qui quitte Paris dès demain.

M. Miller croit qu'un étalon à bouts devrait être théoriquement considéré comme étant d'une observation plus sûre encore qu'un étalon à traits, si l'on pouvait compter sur sa parfaite conservation malgré les contacts, ou s'il était démontré que le mode d'observation sans contact est aussi favorable. En réalité, les pièces additionnelles, en matières dures, employées pour éviter toute empreinte, ne sont pas d'un bon usage et dans l'état actuel des choses, c'est surtout à l'étalon à traits que l'on doit accorder la plus grande confiance.

La séance est levée à 5 heures trois quarts et remise au mardi 9 avril à 2 heures.

---



*Séance du Mardi 9 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à deux heures et demie sous la présidence de M. Morin.

Sont présents : M. le général Morin, vice-président; MM. Aguirre y Montufar, Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Delaunay, Faye, Fizeau, général Jarras; Hirsch et Tresca secrétaires.

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

La Commission, en décidant qu'elle n'aurait pas de séance le 8, a voulu, tout à la fois permettre à ses membres de rendre les derniers devoirs à M. Laugier, et manifester tous ses regrets pour l'homme et le savant distingué dont la perte est si vivement sentie par elle.

M. Wild et M. Tresca présentent quelques observations sur les procédés relatifs à la confection des mètres à traits. Ces observations seront consignées dans les procès-verbaux relatifs à cette discussion.

M. Hirsch donne lecture du projet d'une lettre à adresser à M. Jacobi. Cette lettre est approuvée, et on attendra pour répondre à M. Wrede que le complément de son travail soit parvenu au Comité.

Avant d'entrer dans la discussion des questions à l'ordre du jour, M. Hirsch demande à donner quelques indications sur divers pointés qu'il a faits avec les appareils mis à sa disposition par M. Tresca. Il a examiné avec un grossissement de 280 fois, sur le comparateur, deux traits sur platine dur, forgé, non éclairés encore de la manière la plus favorable.

L'erreur moyenne d'un pointé a été, pour le premier trait,

0<sup>μ</sup>.25; pour le second, 0<sup>μ</sup>.45. Cette différence tient évidemment à l'insuffisance de l'éclairage.

Avec des réticules à deux fils parallèles, il est persuadé qu'il serait arrivé à une précision double ou même triple.

Sur le comparateur de Gambey des traits sur platine iridié ont donné, avec un grossissement de 400 fois :

Lectures de M. Foerster. . . . . 0<sup>μ</sup>.4

Lectures de M. Hirsch. . . . . 0<sup>μ</sup>.5

L'erreur, bien qu'un peu plus grande, ne paraît pas être aussi différente que semblait l'annoncer la différence des grossissements.

Ces essais indiquent que les conditions actuelles seront déjà satisfaisantes et leur intérêt principal est de constater que, sous ce rapport, les appareils définitifs ne laisseront rien à désirer.

D'autres traits sur platine iridié ont été montrés à M. Hirsch avec un grossissement de 500 fois et un éclairage par le corps du microscope. Ils sont certainement aussi beaux qu'on puisse le désirer, mais avec un aussi fort grossissement on aperçoit peut-être trop de détails qui varient avec la mise au point et qui pourraient conduire à erreur dans des pointés successifs. Chaque trait est d'ailleurs représenté par un canal de largeur très-régulière entre les deux bords duquel on aperçoit d'autres lignes également longitudinales et parallèles aux bords.

M. Tresca tient à faire remarquer que ces lignes longitudinales étaient, dans les traits examinés, au nombre de deux seulement, qui, pour une bonne mise au point, affectaient toujours la même position axiale, avec un écartement parallèle entre elles que l'on peut estimer à un dixième de la largeur totale du trait.

Si, comme il y a lieu de le croire, ces traits proviennent de petites anfractuosités du diamant, ils pourront très-bien servir au pointé, et y apporteront un très-grand degré de précision. Il est à regretter que l'éclairage intérieur n'ait pu encore être installé sur les grands microscopes.

M. Foerster donne quelques explications, desquelles il résulte qu'un grossissement de 60 fois suffit sur le cercle de Berlin pour réduire l'erreur d'un pointé à 0.25.

M. Chisholm est persuadé que l'on ne peut résoudre en ce moment la question du grossissement le plus convenable; il

varie avec la nature des traits, et si ceux-ci sont excellents, on pourra sans doute les pointer avec de forts microscopes.

M. Fizeau fait remarquer qu'il y a lieu de distinguer entre les différentes manières d'obtenir le grossissement. Les microscopes du comparateur sont à grand foyer et cette disposition est éminemment favorable pour voir toujours les détails à la même place. La disposition inverse est nécessairement la meilleure pour l'étude de la profondeur des creux, suivant ce qui a été dit par M. Lang.

On remarquera d'ailleurs qu'une grande distance focale est très-favorable à la mise au point convenable, pour les deux traits ou les deux pointés qu'il faut viser successivement sur un comparateur à déplacement.

M. Hirsch et M. Faye profitent de cette occasion pour insister sur l'emploi de deux fils parallèles au micromètre ; c'est ce qui se fait à l'Observatoire de Paris comme à tous les autres, et chacun sait combien cette question a été élucidée par les recherches poursuivies par M. Laugier.

Des réticules à 2 fils parallèles seront placés sur quelques-uns des micromètres et devront faire l'objet d'expériences comparatives. Mais M. Fizeau, d'après les expériences auxquelles il a participé avec M. Laugier, pense que l'emploi de cette disposition est encore plus à recommander lorsqu'il s'agit de pointer un trait de division, sur une certaine longueur, que quand il y a lieu, comme dans le cas où nous sommes, de pointer toujours sur le même point de ce trait.

Sur la question de la construction des mètres à bouts, M. Hirsch déclare que l'on pourrait sans doute arriver à une entente sur le choix à faire d'une règle à traits, comme prototype international, à la condition que le Comité reconnaisse qu'il devra construire ensuite des étalons à bouts exactement comparés avec les étalons à traits. Il importe, en effet, de ne pas laisser à l'arbitraire de chaque pays le soin de cette comparaison, et les étalons à bouts étant nécessaires pour certains usages scientifiques, il est essentiel qu'ils soient construits, comme les autres, avec toute l'uniformité désirable et avec la même authenticité.

M. Foerster ajoute que les mètres à bouts, ainsi construits,

tout en n'étant pas considérés comme prototypes, seraient aussi des étalons dignes de confiance.

Il estime que l'étalon à bouts offre l'avantage d'être une représentation matérielle et palpable de la vraie longueur du mètre, tandis que l'étalon à traits n'est en quelque sorte qu'une traduction faite par des procédés optiques qui ne permettent d'en saisir que l'apparence et non la réalité. En se ralliant, quant à présent, à l'opinion générale, M. Foerster réserve son opinion sur la prépondérance définitive à accorder à l'un des systèmes d'étalons.

M. Fizeau, tout en reconnaissant l'utilité qu'il peut y avoir à construire des étalons à bouts, fait remarquer que le choix de la matière et le procédé d'exécution peuvent présenter de sérieuses difficultés : leur exécution exigera certainement l'emploi de procédés mécaniques particuliers qui ne sont pas, comme l'emploi du tracelet, du domaine des opérations que la Commission peut effectuer elle-même.

M. Wild demande qu'il soit bien entendu que le véritable étalon international sera un mètre à traits, seul désigné sous le nom de prototype et à la longueur duquel tous les autres seront rapportés par leurs équations particulières.

M. Hirsch entre encore dans quelques détails parmi lesquels se trouve la pensée que l'étalon à bouts ne saurait, dans l'état actuel des choses, être d'une conservation aussi sûre, au point de vue des comparaisons, que l'étalon à traits, encore bien que, par la méthode de M. Fizeau, lorsque la complète efficacité en aura été démontrée, les extrémités ne doivent plus courir les mêmes risques qu'ils ont courus jusqu'ici.

Pour qu'il n'y ait aucune incertitude sur le sens des résolutions proposées ; il convient de se servir de termes techniques fixés une fois pour toutes.

Le seul prototype serait désormais le mètre international à traits, choisi parmi les autres étalons à traits qui seront distribués aux gouvernements intéressés.

Tous les mètres à bouts qu'il y aura lieu de construire seront aussi des étalons officiels émanant de la Commission internationale, mais qui ne seront pas représentés par un prototype international à bouts.

M. le général Morin ajoute que, tout étant ainsi rapporté au

nouvel étalon international, le prototype actuel des archives ne sera plus qu'une pièce historique sans aucune utilité pratique, bien qu'il ait été construit dans la pensée de servir de prototype international, et, ajoute M. Chisholm, qu'il ait même été déclaré propriété internationale par les fondateurs du système métrique.

Après ces explications, M. le Président met aux voix la proposition formulée ainsi qu'il suit :

Tout en maintenant sa décision antérieure d'après laquelle le nouveau mètre international doit être un mètre à traits, dont tous les pays recevront des copies identiques, construites en même temps que le prototype, le Comité est d'avis que la Commission internationale devra construire ensuite un certain nombre d'étalons à bouts, pour les pays qui en auront exprimé le désir, et que les équations de ces mètres à bouts, par rapport au nouveau prototype à traits, seront également déterminées par les soins de la Commission internationale.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

La discussion est ouverte sur la décision à prendre relativement à la température pour laquelle le mètre prototype doit être construit.

Avant d'entendre les observations de MM. les membres du Comité présents à la séance, M. le Président fait donner lecture du passage du travail de M. le général Wrede qui est relatif à cette question. M. Wrede conclut à l'adoption d'une température uniforme de 16° qui lui paraît présenter de grands avantages, en ce qu'elle se rapproche beaucoup de la température ordinaire des lieux habités.

M. le Président pense que cette question ne donnera pas lieu à une longue discussion, la température de la glace fondante, fixée par les fondateurs du système métrique, se recommandant par des avantages évidents.

M. Hirsch ne saurait considérer la question pour aussi simple, et il est de toute nécessité d'arriver à une discussion raisonnée, en discutant les diverses parties du travail de M. le général Wrede.

Elle lui semblerait même assez indifférente s'il s'agissait sim-



plement de convenir que l'unité de longueur doit être rapportée à une température ou à une autre ; mais il nous faut arriver à donner en fonction de l'unité, la mesure de cette longueur pour toutes les températures usuelles et, par conséquent, l'exprimer en fonction de la température. Il faudra sans doute se placer dans les conditions de réalisation les plus sûres, et s'il lui était démontré que la température de la glace fondante remplit cette condition, il y trouverait un motif sérieux de préférence. Dans l'opinion de M. Wrede, il est important de faire choix d'une température habituellement réalisable dans les conditions de la vie, et par cela même plus rapprochée de celle dans lesquelles s'observent ou agissent les phénomènes physiques ou les actions mécaniques.

Une autre raison militerait en faveur de cette opinion. Le coefficient de dilatation devant toujours intervenir dans le calcul des corrections de longueur, il y aura moins de chance d'erreur, si les incertitudes du coefficient s'appliquent à un moindre écart de température. A ce point de vue le choix de  $45^{\circ}$  qui est la température moyenne de nos habitations, lui paraîtrait, comme à M. Wrede, préférable, si sa constatation présentait les mêmes conditions d'exactitude.

M. Foerster ne croit pas à une égale facilité de constatation et il lui paraîtrait dangereux d'abandonner le zéro, qui ne présente aucun inconvénient sérieux, à côté de plusieurs avantages.

Sans doute le choix du zéro ne peut, dans la plupart des circonstances, être obtenu qu'artificiellement ; il s'éloigne trop de la température de l'observateur ; mais cette limite sert déjà de point de départ pour un grand nombre de lois physiques, elle est plus commode pour le calcul, et elle est d'ailleurs fondée sur une base scientifique.

Les probabilités d'erreur signalées par M. Hirsch sont complètement éliminées dans les applications, et l'on peut ajouter, en faveur de l'adoption de zéro, que, si les travaux étaient établis d'après une température normale de  $45^{\circ}$ , on s'habituerait à ne pas considérer les corrections, même dans le cas où cela serait le plus nécessaire.

M. Fizeau fait remarquer que les physiciens ne connaissent rien de plus fixe que le zéro défini par la température de la neige ou de la glace fondante. Quoiqu'une pression de plusieurs atmo-

sphères l'influe notablement, elle reste la même sur les plus hautes montagnes et dans les vallées. Cette fixité est telle que l'on peut toujours vérifier et retrouver le zéro d'un thermomètre : aussi s'en sert-on avec le point 100 pour bases de la graduation. Le point 100 n'a pas, à beaucoup près, la même fixité; il est notablement influencé par la pression et les dispositions des appareils dans lesquels on le détermine à l'aide de la vapeur d'eau. Toute erreur sur ce point a ainsi une influence sur tous les points intermédiaires de la graduation, auxquels on ne saurait accorder, par conséquent, la même fixité qu'au zéro.

La température normale, comme la désigne M. Wrede, est loin de satisfaire aux mêmes conditions : elle est obtenue artificiellement, et ne saurait être la même dans les différents points d'une même pièce.

Si, d'ailleurs, on la prenait pour base, comment éviterait-on que cette base ne soit pas considérée comme la plus convenable pour tous les pays : le zéro ne soulève aucune question de cette nature et doit, par conséquent, être seul adopté.

M. Wild expose qu'au point de vue pratique et scientifique, il est vraiment sans importance de choisir tel ou tel point de départ; mais, depuis le dernier siècle, toutes les déterminations de la physique de la chaleur sont exprimées à partir de cette limite, plus stable et plus précise qu'aucune autre. La connaissance du coefficient de dilatation rend alors les corrections plus faciles et d'une simplicité plus grande, ajoute M. Wild. Il est donc d'avis de conserver pour température de la comparaison celle de la glace fondante.

M. Faye ne voit qu'une seule chose à faire pour répondre complètement à notre mission, c'est de rapporter nos comparaisons à la véritable longueur des règles dans les conditions déterminées par le phénomène de la fusion de la glace.

S'il s'agit d'appareils destinés soit à des recherches précises de physique, soit à des déterminations géodésiques, le savant qui devra s'en servir tiendra à déterminer lui-même le coefficient de dilatation dans les limites qui peuvent lui être nécessaires, et M. Faye insiste pour que la Commission n'intervienne pas dans cette question que sa mission ne l'oblige pas à envisager. Il n'insistera pas pour amener ses collègues à cette ma-

nière de voir, dont il tient à faire inscrire l'expression au procès-verbal.

M. Tresca se borne à faire remarquer que la détermination du coefficient de dilatation doit, autant que possible, précéder la confection de la règle, et qu'ainsi la Commission ne saurait éviter de s'en charger.

M. Lang partage complètement les vues de MM. Wild et Foerster; il considère la température de 0° comme pouvant être constatée avec une plus grande certitude; et quant à la détermination du coefficient de dilatation, qui devra d'ailleurs être inscrit sur les règles, elle est tout à fait nécessaire, puisqu'il est décidé que tous les mètres seront comparés entre eux.

M. Chisholm pense que la température de 0 peut toujours être obtenue en employant de la glace, même à une température inférieure, puisqu'il suffit alors d'attendre que la température devienne constante; aussi M. Miller pense-t-il qu'il n'est jamais possible de commettre une erreur de un dixième de degré dans aucune détermination de cette nature. Lors de la construction des yards-étalons qui devaient avoir leur longueur légale à la température ordinaire, un peu incertaine, on a déterminé les coefficients de dilatation, et même muni chaque yard d'un thermomètre spécial, vérifié avec le même soin que la mesure elle-même.

M. Fizeau émet l'avis que la décision serait beaucoup plus simple si l'on se bornait d'abord à voter sur la température qui doit former le point de départ; mais M. Foerster ne saurait prendre un parti à cet égard sans être assuré de ce que fera le Comité à l'égard du coefficient de dilatation. Si, par impossible, cette détermination ne devait pas être faite, il lui semble évident que le Comité devrait alors se décider en faveur de la proposition de M. le baron de Wrede, dont l'argumentation reprendrait toute sa valeur. D'un autre côté, la question est tellement de l'ordre métrologique que si elle n'était pas satisfaite par la Commission du mètre, il faudrait absolument qu'elle fût résolue par une autre Commission internationale.

Il est même indispensable que quatre observations soient faites à des températures différentes, puisque trois, au moins, sont absolument nécessaires pour faire connaître la vraie longueur, le coefficient principal de dilatation et sa variation avec la

température. La quatrième servirait alors de vérification indispensable.

M. Hirsch ne pensait pas qu'il y eût une telle différence entre la certitude de reconnaître la température de 0 et toute autre température. Son opinion est dès lors complètement fixée.

Les arguments de M. Fizeau et de M. Wild lui paraissent surtout convaincants si la Commission détermine en même temps les coefficients de dilatation, sans lesquels vous auriez construit des règles précieuses, sans doute, mais non accompagnées des moyens de s'en servir. Nous tromperions l'attente du monde scientifique si nous nous arrêtons ainsi en chemin.

Arrivé à ce point de la discussion, M. le Président croit que le Comité est d'accord sur la connexité des deux points en discussion et propose de voter une résolution ainsi conçue :

Le prototype international aura sa véritable valeur à la température de 0° centigrade et le coefficient de dilatation de chacun des mètres-étalons sera déterminé par la Commission, avec le degré de précision correspondant à celui de sa comparaison.

Cette résolution est adoptée à l'unanimité.

Le Comité renvoie à demain, 2 heures, l'étude des autres questions thermométriques, ainsi que celle des supports, et la séance est levée à 5 heures un quart.

*Séance du Mercredi 10 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à 2 heures un quart sous la présidence de M. Morin.

Sont présents : M. le général Morin, vice-président ; MM. Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Delaunay, Faye, Fizeau, Sainte-Claire Deville ; Hirsch et Tresca, secrétaires.

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

La discussion est continuée sur la détermination des coefficients de dilatation.

M. Foerster croit que l'on satisferait d'une manière heureuse au désir de M. Wrede en décidant que l'une des comparaisons aura lieu à une température voisine de la température habituelle, à  $16^{\circ}$  par exemple.

M. Chisholm accède d'autant plus volontiers à cet avis, qu'en Angleterre on s'est arrêté à  $16^{\circ} \frac{2}{3}$ .

M. Hirsch, tout en adoptant ce détail, voudrait que la question fût examinée d'une manière plus complète.

Le Comité veut-il que la dilatation absolue de toutes les étalons soit déterminée, ou seulement celle du prototype, en se bornant, pour toutes les autres, à un certain nombre de comparaisons à diverses températures, comprises, par exemple, entre  $0$  et  $40^{\circ}$ .

Dans son opinion, la détermination de la dilatation absolue de l'étalon prototype, dans son ensemble et par les moyens usités, est absolument indispensable ; peut-être même conviendrait-il de la faire pour plusieurs mètres, mais il suffirait pour les autres que la Commission fit des comparaisons relatives, à diverses températures.

M. Foerster est d'accord sur ces points, à la condition que la



comparaison destinée à déterminer l'équation de chacune des règles sera effectuée à quatre températures différentes. Il se présente cependant une difficulté : systématiquement il suffirait que la dilatation absolue du prototype fût seule déterminée à l'avance; mais la règle qui servira de prototype ne devant être choisie que parmi des autres et après le tracé, on ne pourrait désigner à l'avance celle qui sera soumise à ces recherches. On devrait, pour arriver à ce résultat, effectuer l'opération pour quelques-unes des règles seulement, et ce serait parmi celles-là que le prototype serait ultérieurement désigné.

Pour ne point donner une valeur plus grande aux diverses règles pour lesquelles la dilatation absolue aurait été ainsi déterminée, on aurait soin de ne les caractériser, non plus que les autres, que par leurs équations par rapport au prototype.

M. Chisholm dit qu'en Angleterre on s'est contenté d'une seule détermination de cette nature, et qu'il en résulte que la seule règle dont la dilatation a été directement déterminée n'est précisément pas celle qui est devenue l'étalon officiel du yard. On n'en connaît la dilatation que parce qu'on admet qu'elle était la même pour toutes les règles, fabriquées d'une manière identique, avec tous les soins que l'on connaît.

M. Fizeau fait observer que l'on ne doit pas accorder une trop grande confiance dans la mesure de la dilatation absolue d'une règle de la longueur d'un mètre. Par quelle méthode a-t-on pu obtenir, dans un cas donné, la mesure des deux coefficients? Ces méthodes ne sont pas assez précises pour qu'on ait, suivant lui, déduit jamais ce second coefficient avec quelque certitude.

M. Wild et M. Hirsch lui citent à ce sujet le Mémoire de M. Airy sur les travaux de Sheepshanks, le Mémoire de M. Wild, et les expériences faites plus tard par MM. Plantamour et Hirsch à Berne; enfin les beaux travaux de M. Ibañez.

La difficulté principale, dans ce genre de mesures absolues, à savoir l'invariabilité des axes des deux microscopes, peut être tournée par un artifice très-simple, en plaçant à côté de l'étalon à étudier à différentes températures, une autre règle maintenue à 0° par la glace fondante. En recourant alternativement à cette règle de contrôle, on obtient les corrections qu'il faut apporter aux lectures de l'étalon aux différentes tem-

pératures, pour tenir compte de la variation des microscopes.

M. Hirsch reconnaît que ce sont là des opérations d'une grande délicatesse et qui exigent une installation d'une fixité parfaite. Mais le procédé est contrôlé géométriquement contre toute inexactitude et peut donner les résultats les plus satisfaisants.

M. Fizeau ne se chargerait certainement pas de trouver le second coefficient avec ce procédé, et, de fait, M. Ibañez, qui a opéré entre 0 et 50°, n'a pu en faire ressortir la véritable valeur.

M. Morin pense qu'il y a toute raison de croire que la question, bien vaste quand on l'envisage avec toutes les difficultés, se simplifiera beaucoup, si M. Fizeau trouve pour les différents échantillons, pris sur les bouts des règles, une identité absolue de coefficient.

Cependant M. Hirsch considère la méthode directe comme parfaitement sûre, et la méthode de M. Fizeau, si ingénieuse et si exacte, ne serait pas suffisante pour ne laisser aucun doute sur la valeur de la dilatation de la règle entière.

Après entente commune sur les différents points à décider, et sur la proposition de M. Tresca, appuyée par M. Hirsch, le Comité émet l'avis :

1° Que la méthode de M. Fizeau sera employée pour chacun des mètres;

2° Que le prototype sera soumis aux meilleurs procédés à l'aide desquels on puisse déterminer le coefficient absolu de dilatation de cette règle;

3° Que les comparaisons relatives, au nombre de quatre pour chaque règle, en comporteront une pour laquelle on fera choix de la température de 16° centigrades.

4° Que ces comparaisons auront lieu de 0 à 40° au maximum.

M. Chisholm voudrait que l'on allât de 0 à 100°.

Au sujet des questions thermométriques soulevées par la construction du mètre international, M. Fizeau donne quelques explications sur les propriétés du Béryl, sur lesquelles M. Chisholm lui a demandé quelques détails au point de vue de la création d'un type de longueur invariable, pouvant servir à contrôler la permanence de l'étalon.

Le Béryl, qui appartient au système hexagonal, est peu dilatable, et il présente cette particularité que sa dilatation, toujours très-petite, est, suivant l'axe, de sens contraire à celle que l'on observe dans le sens perpendiculaire.

Pour la température moyenne de  $15^{\circ}$ , M. Fizeau a trouvé suivant l'axe :  $\alpha = - 0,00000134$ , et dans le sens perpendiculaire :  $\alpha' = + 0,00000104$ .

Il en résulte que, pour un angle intermédiaire avec l'axe,  $\beta = 48^{\circ}, 32', 30''$ , dont la tangente serait égale à  $\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha'}}$  la dilatation devrait être nulle. Un écart de  $3^{\circ}$  ou  $4^{\circ}$  n'apporterait pas une différence dans cette conclusion, et une pièce taillée, dans une direction de  $54^{\circ} 44'$ , a fourni un résultat très-peu éloigné de 0. Au reste, cette conséquence se déduit facilement de la mesure des deux dilatations rectangulaires qu'il serait bon d'obtenir pour quelques autres cristaux.

Cette propriété curieuse est d'autant plus importante, que la direction de nulle dilatation peut être tracée sur l'une des faces naturelles du cristal, qu'il suffirait de polir avant d'effectuer le tracé.

Pour le quartz il n'existe aucune différence de cet ordre, mais pour les cristaux rhomboédriques de spath d'Islande la différence est plus grande encore.

La dilatation positive suivant l'axe est  $+ 0,0000260$  et dans le sens perpendiculaire  $- 0,0000050$ ; mais on ne saurait conseiller l'emploi de cette substance, pour le même objet, à cause de la grandeur même de ces nombres. Toutefois l'expérience a été faite, et l'on a reconnu l'existence de la ligne de nulle dilatation.

D'après les renseignements qui viennent de lui être fournis par M. Lang, M. Fizeau espère que l'on pourrait obtenir une règle de nulle dilatation, de 20 centimètres au moins de longueur, qui pourrait servir de témoin invariable d'une partie de la longueur du prototype, dans des conditions de conservation d'autant plus satisfaisantes que le Béryl est plus dur que le quartz.

Cette longueur pourrait toujours être comparée à une longueur analogue, comprise entre deux lignes tracées sur l'étalon

et, par l'utilisation du mouvement de transport longitudinal, il serait très-facile de l'additionner plusieurs fois avec elle-même.

M. Hirsch a été vivement intéressé par ces indications dont il importe de tirer parti. Il voit bien comment la comparaison pourrait être faite avec une partie de la longueur de la règle comprise entre deux traits, mais il ne saurait admettre pour certain que la dilatation sera la même partout ailleurs.

M. Wild admet bien que la comparaison sera possible, mais il se demande, dès lors, si le véritable prototype ne sera pas le Béryl et non la règle.

Sur la proposition de M. Morin, M. Wild veut bien rechercher s'il pourra procurer de gros cristaux de Béryl à la Commission. M. Fizeau en possède un petit échantillon qui est d'une pureté tout à fait irréprochable.

Sur l'observation de M. Hirsch que l'on pourrait obtenir des cristaux de quartz assez grands pour en faire deux demi-mètres, M. Fizeau discute le parti que l'on pourrait tirer de pareils témoins de vérification; la question mérite d'autant plus d'intérêt, que M. Foerster déclare qu'il ne saurait exister aucun doute sur l'égalité de dilatation des cristaux dans les différentes parties de leur longueur.

M. Fizeau ne doute pas qu'il en soit de même pour le platine, ainsi que le prouvent déjà les chiffres qui résultent des expériences qu'il a faites sur les divers fragments d'un lingot de platine iridié. Ces chiffres sont consignés dans les procès-verbaux de la Commission française, et démontrent que les variations, d'ordre absolument secondaire, sont même continues d'un bout à l'autre de ce lingot. Les mêmes essais ont été faits sur des prises enlevées à la règle provisoire, et il sera nécessaire de les renouveler pour toutes les règles définitives.

Ce n'est pas à dire toutefois qu'un témoin en quartz ne puisse être d'une grande utilité, et quoique M. Wild trouve alors que le véritable prototype serait le demi-mètre de quartz, ce demi-mètre ne serait pas à dédaigner puisqu'il deviendrait effectivement le prototype dans le seul cas où la longueur de la règle de platine aurait, par impossible, varié.



M. Tresca demande si la Commission ne devrait pas prier M. Hirsch de faire l'acquisition de l'un des cristaux de quartz dont il a déjà été parlé.

M. Hirsch, après être entré dans quelques détails à ce sujet, veut bien prendre les renseignements convenables, et M. Morin s'adressera de son côté à l'Empereur du Brésil, que nous connaissons maintenant pour un ami très-éclairé de la science, en le priant de faire rechercher tout à la fois l'échantillon le plus grand et le plus pur, cette dernière condition étant d'ailleurs la plus importante, si on pouvait la rencontrer dans des cristaux d'un demi-mètre de longueur.

D'après les indications de M. Wild, les cristaux des Alpes sont très-fortement enfumés par une matière bitumineuse; mais des parties voisines des arêtes, ayant été chauffées à 500°, ont conservé leur même densité et leur même réfraction.

Leur plus grand inconvénient réside dans le défaut d'une transparence suffisante qui permet cependant, dit M. Hirsch, de distinguer les parties qui ne présentent pas le caractère d'homogénéité désirable.

M. Hirsch demande à entretenir le Comité d'une question d'organisation générale pour laquelle il désire que la discussion ait lieu avant le départ de M. Delaunay.

Plusieurs des membres du Comité ont eu des entretiens dans le but d'arriver à la fondation d'un établissement international permanent, qui serait chargé de continuer et d'étendre les opérations de la Commission. La tâche qui est dès à présent dévolue à la Commission a une importance et rencontrera des difficultés pratiques telles, qu'il n'y a pas lieu d'espérer que sa mission puisse être terminée avant deux ou trois ans. La confection et la comparaison des étalons à traits, celle des étalons à bouts, celle des kilogrammes, sont des opérations de longue durée, et il est permis de se demander, en présence de cette somme de travail à accomplir, s'il n'y a pas lieu de prévoir dès à présent une organisation plus complète et plus stable des organes internationaux, tant au point de vue de l'accomplissement direct de la construction et des comparaisons, qu'au point de



vue plus large de l'intérêt métrologique, qui se lie si intimement à ceux de toutes les sciences de précision.

M. Hirsch a donc l'intention de proposer à la Commission et à nos gouvernements, de provoquer et de prendre des mesures d'une portée plus générale et plus permanente. Il ne s'agit pas toutefois, pour nous, il n'est pas besoin de le dire, de provoquer aucune décision, mais d'amener seulement le Comité à émettre un vœu, dont le sens pourra être modifié par la Commission, • touchant une sorte d'avant-projet à communiquer aux gouvernements qui auraient à régler d'une manière définitive les mesures d'exécution.

Dans ce but, il conviendrait d'assurer une organisation stable et permanente, par la constitution d'une Commission internationale, se réunissant seulement à de longs intervalles, par exemple de trois à cinq ans, avec un comité permanent, ne réunissant qu'un nombre de membres assez restreint pour qu'ils puissent se rejoindre tous les ans et ainsi diriger les travaux d'observation et de contrôle. Le comité pourrait être composé de cinq personnes, avec faculté de prendre des décisions, même lorsqu'elles seraient réduites à trois, sous la condition qu'aucun pays ne pourrait jamais être représenté dans le comité que par un seul délégué.

Bien que l'action de ce comité serait permanente, il lui faudrait un organe exécutif, qui pourrait être nommé « Bureau international des poids et mesures » ou « Institut métrologique international. »

Nous, commissaires des pays étrangers à la France, nous nous sommes d'ailleurs trouvés d'accord sur ce point que la France, ayant eu l'initiative du système métrique à l'origine, et s'étant encore en ce moment chargée de mettre à exécution un projet d'intérêt commun, le siège naturel du Bureau serait à Paris, à la condition que le caractère international de cette institution serait complètement sauvegardé. La nomination du personnel, appartiendrait à la Commission internationale, et les frais seraient supportés par tous les pays, au moyen de prestations basées, par exemple, sur le nombre respectif des habitants de chaque État. Au reste, M. Hirsch ne veut pas en ce moment entrer dans les détails de l'organisation ; il s'est seulement proposé d'en indiquer les principes.

M. Delaunay avait eu, avant la séance, communication du projet qui vient d'être exposé, et il lui donne son adhésion la plus complète; sa réalisation lui paraît le moyen le plus sûr d'arriver à l'adoption générale du système métrique. Il a même voulu voir, à ce sujet, M. le président de la Commission, et M. Mathieu lui a déclaré qu'il en adoptait également le principe; que même il ferait, au besoin, violence à sa douleur pour venir déclarer lui-même son opinion devant la Commission, si elle le jugeait nécessaire.

M. Morin entrevoit de grandes difficultés d'exécution; il ne voit pas clairement comment fonctionnerait utilement l'établissement à Paris avec un comité de membres résidant ailleurs.

Il regrette beaucoup que la fin des travaux de la Commission paraisse si éloignée à quelques-uns de ses membres, et il est d'avis que sans précipitation aucune, mais avec toute l'activité désirable, la Commission s'occupe surtout, et d'urgence, de l'objet principal de sa mission.

Qu'ensuite on s'occupe de la création d'une Commission de surveillance et de contrôle, il ne saurait y voir qu'un intérêt de plus, mais il lui semble que de pareilles questions sont du domaine administratif et législatif, et que la Commission n'a pas qualité pour s'en occuper dès à présent.

M. Wild croit cependant qu'il y a tout avantage à s'occuper de suite de cette question, ne fût-ce que pour qu'elle aboutisse, en temps convenable, à la faveur des instructions qu'auront pu recueillir tous nos collègues, auprès de leurs gouvernements, avant la réunion générale de la Commission.

M. Deville est d'opinion qu'il convient de se mettre, sans aucun retard, d'accord sur ce point que des réunions successives dans les diverses capitales seraient très-avantageuses pour étendre l'adoption du système métrique. Il verrait avec plaisir que l'on s'habitât, en France, à être un peu plus cosmopolite. L'étude de toutes les questions d'intérêt général ne pourrait que gagner à ces réunions.

M. Foerster tient à faire remarquer que l'étude de ce projet, devant entraîner certainement de longs délais, nous ne saurions le prendre trop tôt en considération.

Cela n'apporterait, d'ailleurs, aucun retard d'exécution, en confiant, dans l'intervalle de nos réunions, une grande partie du

travail aux membres français qui en ont fait déjà l'objet de leurs préoccupations.

M. Faye tient d'abord à remercier nos collègues étrangers d'avoir bien voulu tenir, dans leur proposition relative au siège du bureau, un si grand compte de l'initiative française. Il en a été très touché.

Mais nous n'avions pas vu les choses aussi grandes; l'organisation que l'on propose lui paraît énorme au point de vue de son objet. La réunion de toutes les compétences était indispensable pour le premier travail; mais il ne voit pas nettement que sa permanence soit aussi nécessaire pour l'avenir, aucun des pays intéressés ne pouvant réellement avoir besoin d'être dirigé par une Commission permanente.

M. Faye désirerait être plus complètement éclairé sur la pensée scientifique qui forme certainement la base de la proposition.

M. Hirsch ne se propose pas de s'occuper déjà des détails d'organisation; mais il croit qu'il est facile de satisfaire à la demande de M. Faye, quant à la pensée scientifique qui a donné naissance à la proposition.

La création proposée repose sur un besoin réel et immédiat.

Au point de vue pratique, on rencontre à chaque pas de grandes difficultés dans l'introduction du système métrique, par exemple en ce qui concerne les mesures agraires et les mesures de capacité. La question des mesures alcoométriques intéresse un mouvement de commerce considérable, et ce serait la mission du Bureau de s'en saisir le plus tôt possible. Voilà deux points entre beaucoup d'autres qui sont d'un intérêt pratique saisissant.

Au point de vue scientifique, on n'a, pour citer les questions les plus urgentes, qu'un extrême embarras du choix.

Dans les recherches physiques et géodésiques, les savants des divers pays sont constamment arrêtés lorsqu'il s'agit d'exprimer les derniers résultats de longs et pénibles travaux, faute de pouvoir se procurer les équations exactes de leurs unités de longueur ou de poids.

Les mesures géodésiques faites en Allemagne, en Russie, en Italie, en France, etc., ne peuvent être combinées entre elles pour la même raison.

De nombreuses observations du pendule ont été faites en Suisse; elles sont exprimées en unités de l'échelle de Repsold; mais on ne peut pas en indiquer les résultats définitifs, ni les combiner avec ceux des observations faites en d'autres pays, puisqu'on ne connaît pas la valeur exacte de cette unité en millimètres.

De nombreux travaux de physique et de chimie, parmi les plus importants, tels que ceux de M. Regnault, par exemple, auraient une tout autre portée si les savants de tous les pays pouvaient en exprimer les valeurs numériques en leurs unités usuelles.

Au point de vue des instruments enfin, niera-t-on que les constructeurs soient réduits à ne pouvoir indiquer les corrections de leurs plus importantes créations?

L'état actuel est suspensif et choquant, et ce sera un cri de joie de la part de tous les savants et de tous les constructeurs, lorsqu'ils apprendront la fondation du Bureau que nous proposons.

M. Foerster, après la démonstration de M. Hirsch, présentera d'autres considérations pour démontrer la nécessité de la création en cours de discussion.

Sans doute, la confection du prototype à traits remplira la plus grande lacune; mais n'importe-t-il pas aussi d'aider à l'introduction générale; de s'entendre pour amoindrir les obstacles, de recourir à la publicité, de provoquer enfin un mouvement de l'opinion scientifique?

Le Bureau international sera un organe naturel de propagation pour tous les peuples. Il pourrait avoir pour mission d'étendre la propagation plus exclusive des subdivisions décimales, dans la division du cadran, par exemple, où elles commencent à intervenir pour le calcul des perturbations.

Le bureau aurait dans ses attributions la conservation et la constatation de la constance des étalons internationaux; il servirait en même temps à l'établissement et à la vérification des étalons des différents pays. En centralisant les renseignements, quelle influence n'aurait-il pas sur les vérifications périodiques et sur les détails même de la construction des instruments?

M. Foerster termine en ajoutant que cet horizon, déjà plus clair, s'agrandira tous les jours.

M. Fizeau ne voit pas les choses à ce point de vue, qui lui



paraît parfaitement assuré par l'institution de la Commission. Il lui semble que toutes les convenances seront satisfaites par le travail en cours d'exécution, qui est par lui-même assez vaste, et il souhaite vivement de n'en pas sortir.

M. Chisholm, tout en se rendant compte des difficultés de l'institution, dont nous n'avons pas d'ailleurs à nous occuper, a préparé un papier sur la question d'organisation, sous toutes réserves.

M. Tresca a tenu à écouter religieusement tout ce qui a été dit en faveur de la proposition; elle lui est sympathique pour l'avenir, et une fois lancée, l'idée fera certainement son chemin d'une façon ou d'autre. Mais il ne croit pas qu'il soit opportun de la soumettre, quant à présent, à un vote, qu'à peine la Commission internationale pourrait être appelée à envisager lorsque ses membres auraient reçu respectivement de leurs gouvernements les instructions nécessaires.

M. Delaunay pense, au contraire, qu'il faut, dans l'adhésion qui vient d'être exprimée, quelque chose de plus précis quant à l'idée de la création.

M. Hirsch exprime la même manière de voir : si l'on veut éviter un retard d'une année, il faut donner dès à présent un avis. Chacun de nous sera dès lors saisi, fera un rapport à son gouvernement, et demandera des instructions avant la prochaine réunion.

M. Wild ajoute qu'il faut bien que la question soit décidée pour savoir à quelles mains la conservation des étalons sera remise. L'une des questions emporte l'autre, et leur avancement doit marcher d'accord.

M. Faye, revenant sur sa première impression, ne doute pas que si, à la fin du siècle dernier, pareille disposition avait été prise, le système métrique serait déjà devenu universel.

M. Foerster s'accuse d'avoir paru peut-être un peu trop enthousiaste, mais il a été aux prises avec les difficultés de la réalisation, et il ne doute pas que ceux qui, après lui et dans d'autres États, auraient à instituer le système métrique, ne soient heureux de trouver, dans une telle création, le point d'appui dont il a eu plus d'une fois à regretter l'absence.



Sur la proposition de M. le général Morin, la décision à intervenir est renvoyée à demain, afin qu'elle puisse être formulée par écrit avec la maturité convenable.

M. Deville désire qu'elle le soit dans le moins de mots possibles, de manière à ne rien préjuger sur les questions de détail.

La séance, levée à six heures, est renvoyée à demain pour la continuation de l'ordre du jour.

*Séance du Jeudi 11 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à deux heures et demie.

Sont présents : MM. Mathieu, président ; général Morin, vice-président ; Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Faye, Fizeau, Sainte-Claire Deville ; Hirsch, et Tresca, secrétaires.

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

M. Hirsch donne lecture de la proposition qu'il s'est chargé de préparer au nom de plusieurs de ses collègues relativement à la création d'un Bureau international des poids et mesures.

Cette proposition est ainsi conçue :

Considérant que, dans l'intérêt de l'uniformité et de la précision du système métrique, il ne suffirait point de fournir une fois pour toutes des étalons internationaux aux différents pays, mais qu'il importe, pour le maintien de cette uniformité et de cette précision, d'organiser des vérifications périodiques des étalons métriques par une institution centrale, qui serait en même temps chargée de la conservation des prototypes internationaux ;

Considérant que les difficultés de l'introduction rationnelle et complète du système des poids et mesures métriques, dans les pays qui l'ont adoptée ou qui vont l'adopter, seraient notablement diminuées par l'action d'un établissement métrologique international ;

Considérant enfin que le développement des sciences exactes et des arts de précision serait favorisé puissamment par la création d'un Bureau international des poids et mesures, destiné à comparer et à vérifier les étalons scientifiques :

Le comité des recherches préparatoires soumet à l'appréciation de la Commission internationale du mètre, et, par son intermédiaire, à la considération des gouvernements intéressés, le projet d'une organisation permanente destinée à faciliter l'extension du système métrique, à garantir l'uniformité et la précision des poids et mesures, et à exécuter les travaux métrologiques nécessaires pour l'avancement des sciences et des arts.

Pour atteindre ce but, le comité des recherches préparatoires est d'avis qu'il serait utile d'étudier les propositions suivantes :

1° La Commission internationale du mètre est déclarée l'organe scientifique central pour tous les intérêts métrologiques des pays qui adoptent le système métrique; formée par les délégués des gouvernements de ces pays, elle s'assemblera périodiquement pour délibérer sur toutes les questions importantes des poids et mesures qui, par leur nature, exigent une solution internationale.

2° La Commission nomme dans son sein un comité permanent de cinq membres, appartenant tous à des pays différents, chargé de veiller à l'exécution de ses décisions, d'entreprendre les recherches et les études réclamées par le développement du système métrique et de préparer la solution de toutes les questions métrologiques d'une nature internationale. Ce comité se réunira toutes les fois que les circonstances le demanderont. Il est nommé pour l'intervalle compris entre les sessions périodiques de la Commission internationale.

3° Comme organe exécutif de la Commission, et sous la surveillance de son comité permanent, il sera fondé à Paris un Institut métrologique international, auprès duquel seront déposés les prototypes internationaux, ainsi que tous les appareils et instruments nécessaires à leur conservation et à leur comparaison. Cet établissement doit exécuter tous les travaux et recherches métrologiques dont la Commission ou son comité le chargeront, dans l'intérêt du système métrique, et en particulier les comparaisons et vérifications des étalons internationaux. Pour garantir le caractère international et l'indépendance de l'Institut, son directeur et le personnel seront nommés par la Commission internationale, et les frais d'entretien seront cou-

verts par des contributions de tous les pays intéressés, en proportion du nombre de leurs habitants.

Sans vouloir entrer dans aucun détail d'organisation, et en reconnaissant que la réalisation d'un pareil projet ne saurait être que le résultat d'une convention formelle qui devrait intervenir entre les États intéressés, le comité des recherches préparatoires se borne à attirer l'attention de tous les membres de la Commission internationale sur cette importante question et à les prier de bien vouloir se munir des instructions de leurs gouvernements sur ce sujet, afin que, si la majorité des États était favorable à une pareille organisation commune, il fût possible d'élaborer, dans la prochaine réunion de la Commission, un projet qui pourrait servir de base à la convention à conclure entre ces États.

Il serait d'autant plus désirable que l'institut métrologique international puisse être organisé le plus tôt possible, que, dans ce cas, il se trouverait appelé à rendre bientôt d'éminents services, sinon à la confection, du moins à la vérification définitive des étalons internationaux du mètre et du kilogramme.

M. Mathieu a tenu à prendre part à la discussion de cette proposition qui est dans le véritable intérêt de la plus complète divulgation du système métrique, à laquelle il a toujours porté le plus vif intérêt. Il est désirable que l'on réalise cette pensée dans le plus bref délai possible.

M. Morin croit que la proposition, rédigée avec autant de détails, est plutôt du domaine de la Commission internationale que de celui du Comité des recherches préparatoires. Il ajoute qu'il devrait être bien entendu que cette proposition ne modifie en rien les obligations de la Commission internationale, ni le travail déjà commencé qu'il importe surtout de mener aussi promptement que possible à bonne fin. Il paraît d'ailleurs difficile que la création d'un Bureau international puisse être discutée sans que les membres de la Commission eussent reçu à cet égard les instructions de leurs gouvernements.

M. Foerster donne quelques explications sur le mode de fonctionnement du Bureau central de l'association géodésique internationale; il s'agit de préparer les esprits à une organisation

analogue, en créant un organisme administratif d'intérêt commun en faveur du système métrique.

M. Chisholm est d'accord avec ses collègues sur l'utilité de cette création; mais il pense, ainsi que M. Miller, qu'une décision sera difficilement prise, à cet égard, par son gouvernement, avant que les étalons internationaux soient construits.

M. Wild tendrait à penser, au contraire, que son gouvernement serait disposé à regarder les deux questions comme inséparables et tout à fait connexes.

M. Faye et M. Deville se montrent favorables à la rédaction de la proposition de M. Hirsch et de ses collègues, et estiment qu'elle est certainement conforme à l'opinion scientifique qui s'est formée en France sur cette question.

M. Fizeau croit que la proposition ainsi formulée sort de la compétence du Comité, et qu'elle serait tout au plus de nature à être discutée dans une réunion générale de la Commission internationale.

M. Hirsch est tellement persuadé de la nécessité et de l'opportunité de cette création que dans le cas où, par impossible, elle ne serait pas admise par la Commission, il lui semble impossible qu'elle ne soit pas réalisée par une initiative qui partira d'autre part.

M. Tresca est favorable à la formation définitive du bureau international, et il regrette de ne pouvoir s'associer à la proposition par un vote immédiat, qui lui paraît en dehors de sa compétence technique.

Il ajoute, d'ailleurs, qu'il résulte évidemment de la discussion qu'il n'y a d'autre divergence d'opinion qu'au point de vue de certaines nuances de rédaction, et il ne doute pas que d'ici à demain on ne puisse arriver à formuler le principe de la création dans un texte plus concis et sur lequel il serait désirable que nous fussions tous d'accord.

A la demande de M. le général Morin, et dans le but d'arriver à cette entente désirable sur la forme de la résolution à prendre, alors que nous paraissions tous d'accord sur le principe, la rédaction définitive de la proposition est remise aux soins de MM. les Secrétaires.

Le Comité revient à l'examen des questions thermométriques.

M. Hirsch rappelle qu'il y a encore deux questions principa-



les à examiner; la première, qui forme le n° 9 du programme : les étalons doivent-ils être accompagnés de thermomètres spéciaux? la seconde, relative aux moyens à employer pour déterminer la température pendant la comparaison, est surtout importante et sera discutée séparément.

En ce qui concerne la première, M. Hirsch se bornerait à exprimer le désir que chaque étalon fût accompagné du thermomètre qui aura été employé pour sa comparaison avec le prototype. Il sera toujours facile de tenir compte du déplacement que pourrait subir le point zéro d'un tel thermomètre avec le temps, à l'aide d'un même thermomètre-étalon.

M. Wild regarde pour absolument nécessaire qu'il y en ait deux par chaque mètre; ils devraient être tous soigneusement comparés, avec tubes calibrés et rectifiés, par la comparaison avec un thermomètre à air, mais puisque ces comparaisons et rectifications ne pourront être faites que dans la limite de  $1/50$  de degré près, M. Wild envisage comme indispensable d'accompagner chaque étalon de son thermomètre spécial.

M. Chisholm, en son nom et en celui de M. Miller et M. Foerster, sont du même avis.

M. Fizeau, en constatant cette même nécessité, fait remarquer que la comparaison du thermomètre sera une opération très-longue, sinon difficile, pour laquelle la Commission devra rechercher le concours de plusieurs physiciens, ainsi, d'ailleurs, qu'elle sera aussi obligée d'y avoir également recours pour la détermination des coefficients de dilatation.

Bien que ces thermomètres doivent tous être rapportés au thermomètre à air, il serait tout aussi sûr d'obtenir ce résultat par l'intermédiaire d'un thermomètre à mercure, par exemple par l'intermédiaire d'un des thermomètres étudiés, avec tant de précision, par M. Regnault.

Sur la proposition de M. Tresca, le Comité décide que M. Fizeau voudra bien faire, au nom de la Commission, une démarche spéciale auprès de M. Regnault à ce sujet, dans l'intérêt d'unité scientifique que doit nécessairement présenter son travail.

Il est ensuite décidé que chaque étalon devra être accompagné de deux thermomètres détachés, soigneusement comparés comme il vient d'être dit.

La discussion relative aux moyens d'obtenir et d'observer les températures pendant les comparaisons se trouve naturellement subdivisée en ces deux objets.

M. Wild n'insistera pas sur l'absolue nécessité de recourir aux moyens thermométriques les plus parfaits. Il a fait des observations au moyen de l'appareil thermo-électrique de M. Becquerel un peu modifié, et il en a obtenu de très-bon résultats.

Une troisième règle du même métal, placée entre les deux règles à comparer, était soudée à un certain nombre de fils métalliques en divers points de sa longueur, et ces fils étaient successivement unis les uns aux autres par des commutateurs, avant de déterminer la déviation de l'aiguille indicatrice.

Les fils d'argentan et les fils d'acier, parfaitement recuits, lui ont particulièrement réussi et lui ont permis, avec les soins convenables, de se mettre à l'abri de tout courant secondaire.

L'avantage principal de ce procédé consiste en ce que l'on observe ainsi la température moyenne de la règle, sans avoir à craindre l'influence des rayons d'éclairage, comme dans la méthode ordinaire.

Sans exclure l'emploi des thermomètres ordinaires, M. Wild désire que des expériences soient faites pour reconnaître la grande précision auquel ce procédé peut conduire.

M. Fizeau, tout en témoignant de l'intérêt que présentent les recherches de M. Becquerel, trouve quelques objections à ce mode d'observation. Des courants électriques peuvent se développer dans les fils mêmes par suite d'un défaut d'homogénéité, à la moindre différence de température, sur un point quelconque, et l'on sait que quelquefois on est obligé d'interrompre les observations parce que, dit-on, la pile est chauffée; on ne sait au juste à quoi attribuer ces anomalies que l'on rapporte toutefois à de petits courants hydro-électriques résultant de quelque condensation de vapeur. Ces procédés ne doivent être employés qu'avec de grandes précautions.

Quant à l'influence de l'éclairage, M. Fizeau croit qu'elle est bien peu considérable si l'on emploie une source de lumière blanche, assez éloignée, et après son passage à travers des milieux en verre, alors surtout qu'il ne s'agit d'éclairer que la division du thermomètre et non son réservoir de mercure.

M. Morin prie M. Tresca de mettre à la disposition du Comité le

thermomètre thermo-électrique enregistreur qu'ils ont employé ensemble dans certaines expériences de ventilation. Cet appareil, qui n'offre pas le caractère de précision qu'exigent les opérations de la Commission, sera mis demain sous les yeux du Comité et suffira pour montrer la facilité avec laquelle on peut ainsi enregistrer toutes les variations de température pendant une journée.

M. Wild croit aussi que l'on pourrait peut-être tirer un bon parti de la variation de la conductibilité électrique d'une règle accessoire avec la température, pour déterminer celle-ci avec une précision suffisante.

Quelque ingénieuse que soit cette application, M. Fizeau craint que la variation de conductibilité étant très-faible pour des changements de température notables, on ne puisse obtenir ainsi qu'une précision bien insuffisante.

- M. Faye trouve que l'on cherche bien loin quand on a sous la main le moyen le plus parfait, celui qui a été employé par Borda, en utilisant la différence de dilatation de deux règles métalliques, argent et platine, par exemple. L'objection qui a été présentée sur les inconvénients de l'adhérence entre les deux règles disparaît, si l'on se réserve le moyen de les mettre en liberté l'une par rapport à l'autre, un peu avant l'observation. Le centième du degré apparaît alors avec une extrême facilité sous les micropes et est d'un ordre bien plus grand que les différences de longueur qu'il s'agit de montrer.

M. Faye ajoute qu'il ne saurait partager la confiance qu'a exprimée M. Fizeau dans la non-influence de la chaleur des lampes sur les observations thermométriques. C'est à cette cause évidemment qu'il convient d'attribuer la différence qui, tout d'un coup, s'est produite dans le résultat des observations de l'observatoire de Greenwich, quant à la valeur de l'ascension droite de l'étoile polaire, différence très-faible à la vérité, mais qui coïncidait, quant à sa date, avec l'éloignement de la lampe servant à l'éclairage. Ce n'est pas, d'ailleurs, le seul cas dans lequel cette influence se soit fait sentir.

M. Foerster peut donner un renseignement sur la variation de la position de la polaire; il résulte des recherches qui ont été faites par l'association géodésique en 1867, dans le but principal de déterminer les équations personnelles de différents ob-

servateurs. Il est maintenant hors de doute que la variation signalée est due à une petite excentricité de l'éclairage du réticule. M. Plantamour, M. Wolf et M. Hirsch ont plus récemment démontré le déplacement considérable du réticule qui se produit toutes les fois que l'oculaire n'est pas absolument mis au point et que l'éclairage du champ n'est pas parfaitement central.

A la suite de ces observations, M. Hirsch examine les conditions nécessaires pour assurer l'uniformité et la constance de la température des règles pendant les observations.

Quel que soit le moyen thermométrique employé, il faut qu'il soit bien établi que les deux règles en comparaison ont réellement, en tous leurs points, la température indiquée par le thermomètre, et cette certitude ne peut, suivant ses expériences, être acquise que si elles sont placées dans un liquide.

Parmi les liquides que l'on peut employer, il cite la glycérine dont les propriétés chimiques et physiques sont éminemment favorables et dont il a déjà eu l'occasion de se servir dans des circonstances analogues.

Sans ce moyen, comment acquérir la certitude que la barre servant de thermomètre est, à un centième de degré près à la même température que les règles à comparer, même après une attente très-longue?

Dans l'air et pour une même face la température est rarement la même aux deux extrémités; la différence atteint facilement cinq centièmes de degré, même en utilisant les poches à mercure employées par M. Wild.

Dans nos liquides, au contraire, la température est la même dans une même couche horizontale, et l'on peut réduire la variation de la température, suivant la profondeur, à des limites telles qu'on s'assure facilement qu'il n'y a pas un écart de plus de un centième de degré entre la température de la règle et celle de la couche du liquide où elle se trouve placée. L'emploi d'auges concentriques formant enceintes séparées lui a été sur ce point fort utile, et en admettant que la température de la chambre puisse varier de 4°, l'auge extérieure pourra être maintenue uniforme avec des différences de moins de 2 dixièmes de degré, surtout si, comme celle dont s'est servi M. Wild, elle contient 50 ou 60 litres de liquide; dans la deuxième auge nous avons pu nous convaincre que la différence ne s'élevait pas à



trois centièmes de degré entre les deux couches extrêmes, et dans ces conditions, on admettra qu'on connaîtra la température de la couche centrale et de la règle qui y plonge à  $0^{\circ},04$  près.

MM. Plantamour et Hirsch ont fait d'ailleurs des expériences comparatives sur une même barre disposée sur le même comparateur. La somme des carrés des écarts entre les valeurs observées et les valeurs calculées était, avec le liquide, toujours très-notablement moindre que quand la barre était placée dans l'air.

M. Morin a lieu de douter beaucoup de l'égalité de la température d'une masse liquide. Il cite l'exemple du réservoir à eau d'une petite machine à gaz du Conservatoire, dans lequel le fond est encore froid, même après le déversement, à la partie supérieure d'un courant continu d'eau chaude prolongé pendant six heures. Il est facile de reconnaître dans le bain la rapidité et la continuité des courants qui se forment continuellement, et il pense que dans le cas où l'on voudrait opérer avec un liquide, la glycérine par exemple, on pourrait utilement renouveler ce liquide d'une manière continue, ce qui reviendrait en définitive à un courant continu d'air froid, analogue à celui qui est déjà installé pour les opérations de la Commission.

M. Fizeau entre dans quelques explications relativement aux différences de température que l'on peut craindre entre les différents points d'une même enceinte. Il ne croit pas que les différences observées tiennent à ce que les règles étaient placées dans l'air, mais elles tiennent fatalement à ce que l'enceinte dans laquelle elles étaient renfermées n'avait pas elle-même une température uniforme en tous ses points. Dans ce cas, l'état des surfaces, la valeur des pouvoirs émissif et absorbant entraînent un cortège de complications inévitables et telles qu'il est impossible d'obtenir la constance désirable; aussi, les physiciens, pour se mettre autant que possible à l'abri de ces inconvénients, ont ils été conduits à adopter pour les thermomètres la même nature de surface, ce qui conduirait dans le cas actuel à les revêtir du métal en lequel les règles seront construites.

Conformément aux lois de Petit et Dulong, il n'en serait pas de même dans le vide, mais nous ne saurions évidemment penser à réaliser cette condition favorable. Heureusement, on ar-



rive au même résultat dans l'air, si l'enceinte est à une égale température, qui puisse y être maintenue pendant longtemps, par exemple pendant vingt-quatre heures.

L'expérience indiquera si l'on peut y arrivera avec la disposition réalisée, basée sur le refroidissement par un courant d'air, à l'extérieur d'une enceinte construite avec un métal très-bon conducteur, et dont l'air intérieur ne serait pas renouvelé.

Ce sont là évidemment de très-bonnes conditions, et il ne faudrait pas trop se préoccuper de la perturbation qui pourrait être due à la présence de l'observateur que l'on s'efforcera d'éloigner autant que possible et dont l'action personnelle pourrait d'ailleurs être appréciée.

L'emploi d'un liquide peut être très-favorable et très-précis, mais M. Fizeau croit qu'il ne faudrait pas s'y arrêter de suite ; il a eu l'occasion de constater, dans les expériences de M. Regnault l'effrayante rapidité avec laquelle se forment des couches d'inégale température et d'inégale densité, si le liquide n'est pas continûment entretenu dans une grande agitation, dont on aura une idée suffisante lorsqu'on saura qu'elle allait jusqu'à l'émulsion. Lors de la graduation de ses petits thermomètres, M. Fizeau n'a pu éviter d'avoir recours au même moyen, et lorsqu'il s'agira de faire des pointés exacts, on ne saurait prévoir tous les inconvénients résultant de la diminution de stabilité dans un liquide, et des mouvements accidentels qui pourraient en être les conséquences.

Il faudra beaucoup de réflexions et d'essais avant de se décider à l'emploi d'un bain liquide, et, quant à présent, M. Fizeau est plus disposé à préférer l'emploi de l'enceinte amenée, pendant un temps fort long, à une température constante.

Et il y aura lieu, d'ailleurs, de rechercher si le liquide auquel la préférence serait accordée n'est pas de nature à donner lieu à une absorption capillaire de la part du métal. On sait très-bien que le résultat de la trempe à l'eau n'est pas absolument le même que celui de la trempe à l'huile qui introduit dans l'acier, par voie de pénétration, une petite quantité de matière grasse. On colore l'agate en lui faisant absorber une matière analogue, que l'on chauffe à une température plus ou moins élevée ; le cristal de roche est coloré par des matières bitumineuses qui s'y sont infiltrées ; sans parler de substances moins

dures, l'amphibole se gonfle constamment dans une atmosphère humide. Il sera donc indispensable de s'assurer, par l'expérience, de la question de savoir si l'eau et la glycérine ne peuvent pas pénétrer dans les règles et y déterminer une altération qui en devrait faire rejeter l'emploi.

M. Foerster reconnaît l'influence de l'état des surfaces sur les indications des thermomètres, et dans les dernières comparaisons des règles géodésiques, on a été conduit à combattre cette influence, reconnue par Bessel, en enveloppant le thermomètre tout entier dans des lames minces, entourant en même temps la règle en vérification.

En ce qui concerne les dilatations relatives, il lui paraît hors de doute que l'emploi d'une enceinte à température constante, sans immersion dans un liquide, doit fournir des résultats d'une grande précision, mais il faudra toujours recourir à cette immersion dans les déterminations de la dilatation absolue à moins d'adopter le procédé proposé par M. Repsold, et qui consiste à obtenir la fixité des points convenables, au moyen de points fixes pris dans le sol et mis en communication avec les microscopes au moyen de cylindres verticaux, doués d'un mouvement de rotation, en déterminant, au moyen de niveaux très-sensibles, la parfaite verticalité des cylindres ainsi soumis au mouvement de rotation, procédé qui, d'après M. Faye, est d'une grande certitude.

Pour ce qui concerne la détermination de la dilatation absolue, M. Faye est d'accord avec M. Foerster sur la convenance d'employer un liquide, mais, pour la dilatation relative, il préfère les gaz. On sait, en effet, non-seulement que les liquides peuvent s'infiltrer dans les solides, et par exemple que des tourillons imprégnés d'huile peuvent subir des déplacements appréciables, qui l'ont mis dans certains cas sur la voie de petits accidents de surfaces, pailles ou fissures, ce qui montre combien l'emploi d'un liquide peut être dangereux. Il est, d'ailleurs, inutile d'insister sur ce que toutes les opérations deviennent alors plus compliquées et plus difficiles.

Quant à l'emploi du gaz, M. Faye préférerait se servir du courant continu d'un gaz, tel que l'hydrogène, d'une grande conductibilité, entretenu à température connue par sa circulation dans un serpentín entouré de glace fondante. En réduisant au-

tant que possible les dimensions de la boîte, comme l'indique la disposition qu'il a eu l'honneur de montrer au Comité, on n'aurait besoin que d'une très-petite force motrice pour actionner le ventilateur. Ce serait une simplification importante.

A la suite de cette discussion, le Comité est d'avis qu'il n'y a lieu de s'arrêter en principe et d'une manière exclusive à aucun procédé; elle suffit pour démontrer que des expériences comparatives sont nécessaires, et elles devront être instituées.

La séance est levée à 3 heures et demie.

---

*Séance du Vendredi 12 Avril 1872.*

---

La séance est ouverte à deux heures un quart, sous la présidence de M. Mathieu.

Sont présents : MM. Mathieu, président; général Morin, vice-président; Chisholm, Foerster, Lang, Wild, Faye, Fizeau, général Jarras, H. Sainte-Claire Deville; Hirsch et Tresca, secrétaires.

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

M. le général Morin fait voir au Comité les courbes de tare du thermomètre enregistreur qui est également sous ses yeux; chaque degré y est indiqué par un déplacement de un demi-millimètre.

M. Deville, obligé de quitter la réunion avant la fin de la discussion thermométrique, regrette beaucoup de n'avoir pu y prendre part.

Il s'est livré à quelques recherches sur cette question, et il pense qu'un thermomètre à air, dont le corps serait en platine iridié, et qui communiquerait par un tube très-fin du même métal à un manomètre différentiel, avec colonne en huile d'amandes douces, on peut arriver à des déterminations d'une extrême précision de la température d'une règle. Ce thermomètre pourrait d'ailleurs recevoir la forme nécessaire pour servir de support ou telle autre disposition appropriée. Toutes les influences de l'éclairage seraient sans importance, puisqu'elles porteraient à la fois et sur le thermomètre et sur les règles.

Afin d'arriver, en ce qui concerne la mesure des dilatations, à une conclusion pratique et manifester l'opinion du comité, M. Tresca s'est entendu avec M. Hirsch pour proposer la construction d'un appareil pour la détermination de la dilatation absolue. La Commission ayant à sa disposition l'appareil de M. Fizeau,

qui a bien voulu se charger d'ailleurs de prêter son concours personnel aux déterminations à faire avec cet appareil, la proposition se réduit en ces termes :

Le Comité est d'avis :

Qu'un appareil spécial sera construit pour la détermination de la dilatation absolue du mètre international dans toute sa longueur.

Après quelques observations de MM. Hirsch, Mathieu et Wild sur la nécessité d'employer des appareils spéciaux pour chacune des opérations distinctes de la Commission, la proposition est votée à l'unanimité.

Est également adoptée à l'unanimité, par le vote successif de ses deux paragraphes, la rédaction suivante, soumise à la réunion par MM. les secrétaires, de la proposition relative à la création d'un bureau international des poids et mesures.

Le Comité, sans s'occuper des détails d'exécution, admet en principe qu'il y a lieu de porter à la connaissance de la Commission internationale l'utilité de la création, avant la fin de ses opérations, d'un bureau international des poids et mesures à Paris, entretenu aux frais communs des États intéressés, sous la direction d'un Comité permanent et la haute surveillance de la Commission internationale, dans ses réunions périodiques. Tous les membres qui la composent sont priés de se faire, sur cette question, une opinion avant la réunion prochaine, et de se munir au besoin des instructions de leurs gouvernements.

M. Tresca demande la permission de faire connaître au conseil que plusieurs membres du Comité se sont informés de l'époque jusqu'à laquelle les réunions seraient continuées. Il a paru désirable à un certain nombre d'entre eux de terminer cette semaine l'examen des questions principales, et il a dû se préoccuper, avec M. Hirsch, des désirs ainsi manifestés.

Deux questions importantes pourront être traitées aujourd'hui : celle de la disposition des supports et celle des points en lesquels les traits devront être tracés.

M. Fizeau fait remarquer qu'il faudrait aussi s'occuper de la forme de la règle, et M. Hirsch désirerait que, sans entrer dans beaucoup de détails relativement au kilogramme, il fût cependant l'objet de quelques discussions.



L'ordre du jour étant ainsi réglé, M. Faye propose qu'avant tout le comité règle la date de la prochaine session de la Commission internationale, pour laquelle la plupart des réponses de nos collègues étrangers indiquent le mois de septembre. M. Faye désirerait savoir, avant de se prononcer, si les questions peuvent être, d'ici là, assez avancées pour que cette réunion soit fructueuse.

M. Tresca, ainsi interrogé, répond qu'il n'est pas possible d'obtenir, avant cette époque, des résultats importants au point de vue de l'exécution.

A supposer que la Commission française s'occupe immédiatement de l'étude des instruments dont la construction est décidée en principe, les dessins ne seront certainement pas terminés avant trois mois; six mois au moins sont nécessaires pour la construction, trois mois pour le montage et les essais de fonctionnement. Si donc on entre dans la période d'exécution, une réunion de la Commission générale n'est pas possible avant le mois d'avril prochain.

C'est en ce sens que la question avait été envisagée entre M. Hirsch et lui; mais M. Wild, qui, en raison de son plus grand éloignement, est cependant intéressé à éviter tout déplacement inutile, croit que la mise à exécution des appareils, même à titre préparatoire, ne doit pas avoir lieu avant discussion générale, et il serait peut-être bon de profiter des convenances qui se sont manifestées en faveur du mois de septembre, pour appeler la Commission à se prononcer sur les diverses propositions déjà étudiées et même sur les dessins des appareils définitifs.

M. Fizeau fait remarquer qu'aucun travail vraiment sérieux ne pourra être fait avant le mois de septembre, si ce n'est au point de vue de quelques études sur le papier et d'un petit nombre d'essais trop provisoires, sur un appareil en quelque sorte improvisé au dernier moment; pour ne pas entraîner un déplacement inutile des personnes considérables qui font partie de la Commission, il proposerait d'éloigner au printemps prochain l'époque de la réunion.

M. Hirsch ne croit pas qu'une réunion générale soit possible à une autre époque qu'en septembre ou octobre, et il serait évidemment fâcheux de la remettre à cette date de l'année 1873; M. Lang ajoute, d'ailleurs, que la prochaine réunion sera la

première réunion véritablement internationale, plusieurs des pays adhérents n'ayant pu envoyer leurs commissaires à la session de 1870.

M. Tresca indique sommairement les divers points qui paraissent pouvoir faire l'objet de quelques recherches avant le mois d'octobre, et le Comité décide que, dans le désir de ne prendre aucune détermination définitive avant une nouvelle réunion internationale, il y a lieu de convoquer la Commission vers le mois de septembre.

Les convenances de chacun sont examinées et la réunion est fixée au 24 septembre prochain. .

Les procès-verbaux des réunions du comité seront imprimés et distribués avant la fin du mois avec l'indication de cette réunion, et MM. les membres de la Commission internationale seront en outre convoqués par la voie officielle.

Le programme plus précis des principales questions sera rédigé en temps convenable par le bureau.

La discussion est ouverte sur les questions soulevées par la construction des supports des étalons.

M. Faye veut seulement présenter quelques doutes sur la nécessité de la complication résultant de la disposition employée en Angleterre. Son attention a été attirée par la lettre de M. Airy ; et il désirerait que nous fussions de même informés de l'état de la question en Allemagne et en Suisse.

M. Faye envisage le système de M. Airy, plutôt comme une magnifique solution théorique que comme une disposition pratique définitive. Il préférerait un moyen plus simple, qu'il ne propose, toutefois, qu'à titre de suggestion.

Le support pourrait être formé de deux flasques du même métal que la règle, et réunies, de distance en distance, par des entretoises ; ces flasques seraient calculées de manière que leur surface supérieure restât, malgré la flexion générale résultant du mode de suspension, parfaitement horizontale. Leur suspension aurait lieu au moyen d'un couteau et d'un rouleau bien parallèles ; c'est sur ce support que reposerait la règle, au-dessous

de laquelle seraient d'ailleurs disposés deux petits excentriques qui permettraient de la soulever, de un dixième de millimètre par exemple, vers ses deux extrémités, et, par conséquent, de lui rendre toute liberté de dilatation avant chaque observation. La règle serait ainsi placée d'une manière continue sur les rives planes du support, et cette disposition lui paraît de beaucoup préférable au point de vue de sa parfaite conservation.

M. Chisholm fait remarquer que le système adopté en Angleterre répond à deux objets bien distincts et également importants.

Pour que la règle soit exactement à la température générale, il faut qu'elle ne soit pas en contact avec son support par une grande surface.

Pour que sa conservation soit aussi parfaite que possible, il faut que toutes ses fibres soient dans un état d'équilibre stable, assuré par l'égale répartition de la pression sur les différents points du support qui, étant d'ailleurs formés de rouleaux, laissent à la barre la plus grande facilité de se contracter ou de se dilater par tous les changements de température.

Il est, d'ailleurs, nécessaire d'ajouter que tout le système est exactement nivelé sur une plaque de fondation, et que la barre est retenue par un faible ressort dans le sens longitudinal.

M. Sheepshanks a préféré la suspension sur le mercure ; mais M. Miller est d'accord avec M. Airy sur la préférence donnée aux rouleaux, qui ont d'ailleurs parfaitement réussi dans la pratique, et desquels on peut dire sans exagération qu'ils ont donné la solution la plus rationnelle et la plus satisfaisante.

M. Morin croit avoir démontré que les retards de dilatation étaient bien moins à craindre, surtout pour un métal dont le coefficient d'élasticité est aussi grand que celui du platine iridié. Sans doute la méthode de M. Airy est très-favorable au point de vue de la stabilité longitudinale de la barre ; mais est-il certain que le poids de 6 ou 8 kilogrammes, reporté sur huit supports, ne donnera lieu à aucune impression sur la face inférieure de la barre ou sur les rouleaux eux-mêmes, alors que chacun des contacts a lieu suivant une génératrice ?

On a avec raison reproché à l'emploi des palpeurs les quelques grammes d'effort, par suite desquels ils finissent par détériorer un peu la surface terminale sur laquelle ils agissent, et vous

pourriez admettre qu'une réaction de 4 kilogramme, exercée sur chacun des rouleaux, n'aurait sur les points touchés, et par conséquent sur la barre tout entière, aucune influence, alors qu'il ne s'agit plus du contact d'un instant, mais d'un contact pour lequel nous devons supposer la perpétuité. Cette perpétuité, elle sera, dans ces conditions, bien plus assurée à la non-interruption des mouvements moléculaires de la règle.

En résumé, M. Morin serait beaucoup plus rassuré sur la conservation de la règle, si elle était tout simplement placée sur un plan horizontal, bien dressé et bien poli, avec interposition de plombagine ou de matière analogue, si on le trouvait nécessaire.

L'avis de M. Lang est entièrement conforme à celui de M. le général Morin en ce qui concerne les impressions qui seront nécessairement produites, avec le temps, sur la face inférieure de la règle. Il craint aussi les effets de la suspension en des points trop éloignés les uns des autres, et que M. Miller proposait lui-même de remplacer par de petits rouleaux de plombagine très-rapprochés, malgré les inconvénients qui résulteraient évidemment de la faible cohésion de cette matière.

M. Hirsch croit, au contraire, que l'emploi des rouleaux est indispensable à la stabilité de la règle, et il n'attache pas une grande importance à ces impressions qui se produiront sur la surface inférieure. Une seule question l'intéresse : la longueur comprise entre les deux traits restera-t-elle absolument constante? A cet égard, l'expérience a prononcé ; les comparaisons ont été faites et refaites par les Anglais, et les résultats ayant été parfaitement satisfaisants, il semble qu'il ne faille pas recommencer *ab ovo*, quand nous avons sous la main une solution pratique qui s'est montrée, par le fait, excellente.

Les cylindres employés par M. Airy lui paraissent, à tous titres, les seuls admissibles pour réduire, autant que possible, toutes les résistances aux effets de dilatation et de contact.

M. Fizeau dit que, quoi qu'on fasse, il se produira par suite des changements de température, et, par suite même des flexions entre les supports, des actions moléculaires qui se traduiront par une sorte d'érouissage ou de changement d'état moléculaire qui pourrait devenir appréciable avec le temps.



M. Wild ne serait pas disposé à admettre le mode de suspension de M. Airy en dehors des vérifications. Il craint les actions successives de l'élasticité, sur lesquelles M. Bica a fait des expériences très-probantes, et M. Morin rappelle, dans le même but, les tracés obtenus par M. Ardant sur du plomb, et desquels il résulte que ce métal, qui s'allonge indéfiniment sous l'action d'une petite charge, est tellement influencé par les causes accidentelles, que si l'on reçoit, sur un disque tournant, le tracé des différentes positions d'un même point, on voit que les circonférences concentriques, ainsi tracées, tantôt se confondent et tantôt, au contraire, présentent des écarts tout à fait brusques et saccadés.

Cependant M. Wild croit que l'emploi des rouleaux est très-favorable à la sûreté des comparaisons. Seulement les règles devraient être, suivant lui, conservées habituellement dans un étui.

M. Tresca ne saurait se convaincre ni de la nécessité, ni de l'utilité du mode de suspension, suivant lui, trop compliqué, qui est en ce moment en discussion. L'élégant calcul de M. Airy démontre que non-seulement il n'y a pas de variation de longueur dans une fibre de la section longitudinale moyenne, mais qu'il se fait une juste compensation, pour toutes les autres fibres, entre les allongements et les raccourcissements qui correspondent en même temps, dans chacune d'elles, aux parties concaves et aux parties convexes qui composent la fibre entière. L'égalité de la longueur totale ne saurait nous faire perdre de vue les pressions et les tractions continues qui résultent ainsi du mode de suspension. Cette apparence de stabilité recouvre, en définitive, une mobilité moléculaire, pour ainsi dire continue, qui pourrait être bien plus dangereuse que le transport accidentel de la règle dans un étui bien emballé.

Au point de vue théorique, la méthode est sûre, mais elle suppose, comme tous les calculs, certaines prémisses qui sont ici l'équidistance des rouleaux, est liée à l'égalité des réactions, la symétrie de la règle par rapport à chaque génératrice de contact dans son voisinage, conditions qu'une variation de température peut, dans une mesure restreinte, un peu modifier. La théorie ne tient non plus compte des puits creusés pour recevoir les traits, et qui interrompent la continuité de ces fibres,



dont nous avons montré combien l'état moléculaire était complexe, malgré son apparente stabilité.

Il n'oserait, en aucune façon, mettre en doute les résultats annoncés par un savant aussi considérable que M. Airy; mais, en se plaçant au point de vue d'une simple appréciation, il préférerait une règle bien plane, bien polie, absolument régulière et homogène, reposant sur un plan bien dressé. Sans doute il pourra se produire quelques flexions microscopiques si la règle vient à être inégalement chauffée sur ses deux faces; mais elles ne sauraient être aussi dangereuses que les effets analogues, inévitables aussi pour les faces déjà infléchies entre les rouleaux équidistants.

Quant à la question de l'expérience acquise, M. Tresca se permettra d'ajouter qu'elle n'a pu encore être réalisée dans les limites de la précision que la Commission se propose et par rapport à laquelle l'influence du mode de suspension est tout aussi problématique que celle du voyage.

M. Foerster croit qu'il faut en effet distinguer, quant à l'usage à faire du mode de suspension de M. Airy, manifestement favorable aux comparaisons; il peut présenter quelques inconvénients à la longue, et l'expérience devra être faite comparativement, en supportant seulement la règle sur un plan, avec et sans la disposition de M. Faye.

M. Hirsch fait remarquer aussi que la question comporte, en même temps, celle de la position qu'occuperont les traits sur la règle. Il pense, avec M. Wild, que si l'on se décide à cet égard pour le plan moyen, le mode de suspension a moins d'importance, et celui de M. Airy ne paraîtrait peut-être plus d'un emploi aussi indispensable.

M. Foerster est favorable au tracé des traits dans le plan moyen; cette disposition, qui entraîne, peut-être, quelque peu plus de difficulté d'exécution, est importante à considérer au point de vue de la conservation des traits, et aussi parce que, lors des comparaisons, l'influence de toute obliquité de l'éclairage est absolument éliminée.

Il désirerait que puisque le Comité a décidé l'exécution de deux règles provisoires, l'une de ces règles fût tracée à la surface, l'autre dans le plan moyen, et qu'elles fussent toutes deux examinées en comparaison, soit sur un support plan, soit sur un support analogue à celui de M. Airy.

M. Airy n'a d'ailleurs pas décidé la question d'une manière définitive. En se bornant à dire que le repos sur un plan ne lui inspire aucune confiance, quant à la comparaison, il laisse le champ libre à toutes les recherches qui seraient de nature à le convaincre.

M. Mathieu ne saurait se défendre d'une certaine défiance à l'égard des conclusions trop absolues, tirées de considérations mathématiques déduites, dans des limites aussi étroites, des propriétés élastiques de la matière, et il pencherait, en conséquence, vers l'emploi des procédés les plus simples, qui, par leur simplicité même, mettent à l'abri de bien des inconvénients imprévus.

M. Tresca, tout en désirant, comme M. Foerster, qu'une expérience de toute précision puisse prononcer, se trouverait beaucoup plus satisfait si l'on pouvait éviter de changer si notablement la forme de la section de la pièce par l'exécution des puits en deux points de sa longueur.

Quant à la question d'obliquité de la lumière, il lui paraît établi dès à présent que l'éclairage par le corps du microscope est le plus satisfaisant, et, dès lors, il sera le même dans le fond du trou ou à la surface.

M. Chisholm donne quelques explications au sujet des comparaisons qu'il a faites sur un yard tracé sur sa face supérieure et des yards à traits placés dans le plan moyen. Il a éprouvé plus de satisfaction avec ces derniers, quoique l'éclairage soit alors plus difficile.

La séance est renvoyée à demain deux heures pour la continuation de la discussion.

---

*Séance du Samedi 13 Avril 1872.*

---

Sont présents : M. Mathieu, président; M. Morin, vice-président; MM. Aguirre y Montufar, Foerster, Chisholm, Lang, Wild, Fizeau; Hirsch et Tresca, secrétaires.

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

M. Chisholm donne lecture d'une note communiquée par M. Miller et ainsi conçue :

« Pendant mon voyage de Southampton à Londres, j'ai pensé à un moyen de passer d'une mesure à bouts à une mesure à traits, en appliquant le principe de M. Struve, sans creuser une cavité dans le milieu de la barre.

« Je dois d'abord faire remarquer que si l'on a une plaque de verre ou d'autre matière transparente, limitée par des faces parallèles, que la surface inférieure de cette plaque soit recouverte d'une couche d'argent, précipitée par procédé chimique, et si l'on trace, sur la surface supérieure, en A, un trait fin, il se formera en B, par réflexion, à la surface inférieure, une image à une distance égale au double de l'épaisseur de la plaque. On observera aussi que pour l'œil ou pour un microscope placé au-dessus de A, l'image A paraîtra en C en un point tel que  $AC = \frac{AB}{\mu} = \frac{2e}{\mu}$ , expression dans laquelle  $e$  est l'épaisseur de la plaque et  $\mu$  son indice de réfraction.

« Pour le verre  $\mu = \frac{3}{2}$  à peu près, de sorte que  $AC = \frac{4}{3}e$  environ.

« Ceci étant posé, supposons qu'une semblable plaque de verre ait une épaisseur  $e = \frac{3}{8}$  de celle du barreau et qu'un trait fin

ayant été tracé sur sa surface supérieure, elle soit scellée au milieu du barreau, ce trait étant normal à l'axe de ce barreau, l'image de la ligne vue par réflexion sur la surface argentée, sera sur l'axe du barreau et servira pour toutes les observations comme le ferait un trait placé au fond d'une cavité située à la hauteur du milieu du barreau.

« J'ai indiqué que cette plaque transparente pourrait être scellée sur le barreau. Il serait facile de l'y maintenir par une griffe du même métal que ce barreau. Cependant le scellement à l'aide d'une matière soluble dans l'alcool, dans l'éther ou dans la benzine, serait plus facile et je la crois également efficace.

« Je ne comprends pas la nécessité de rechercher un moyen compliqué pour faire les traits aux extrémités d'un mètre. Si j'avais une semblable opération à exécuter, je ferais encore usage d'une plaque transparente. Supposons que les traits dusent être faits au fond du puits, à la hauteur du milieu du barreau.

« Ajustez les lignes C et C' de manière qu'elles soient sous les deux microscopes du comparateur. Au moyen d'un mouvement longitudinal, CC' peut être rendu égal à un mètre. Amenez C sous le microscope à côté du tracelet et marquez le trait D. Faites mouvoir le barreau jusqu'à ce que la ligne C' vienne sous le microscope et faites le trait D'. Maintenant comme les points, milieu des petits traits D et D', sont ainsi que C et C' sur l'axe du barreau, la nécessité de maintenir le barreau à une seconde près de sa position angulaire primitive n'existe plus.

« Tout ce qu'il faut, c'est de maintenir les lignes D, D', C, C' très-parfaitement alignées quand on les regarde sous le microscope.

« On pourrait, par exemple, fixer au barreau une sorte de collimateur pour rendre sa direction aussi invariable que possible.

« Plusieurs moyens se présenteront naturellement pour fixer les plaques A et A'. Je pourrais en indiquer trois fort simples; mais mon but est plutôt d'indiquer le principe du procédé que de vous fatiguer avec des détails sur les procédés d'application. »

Le Comité décide que cette note, qui se rattache à l'une

des questions traitées dans les précédentes séances, sera insérée *in extenso* au procès-verbal.

M. Fizeau fait une observation relativement à la fixation de la glace argentée sur la règle ; il serait dangereux d'employer, pour le collage, une matière résineuse dont la dilatation est relativement très-grande. Le procédé ne pourrait d'ailleurs donner une certaine précision qu'à la condition d'employer exclusivement les rayons qui seraient très-exactement situés dans un plan normal à la règle.

M. le général Morin revient sur la question de support et montre comment l'augmentation de la hauteur d'un support, du même métal que la règle, vient encore rendre plus probante l'évaluation qu'il a faite du retard de dilatation que l'on pourrait craindre en faisant reposer la règle sur un plan.

M. Wild objecte que si ce retard de dilatation, si petit qu'il soit, est possible, il aura pour conséquence de courber la règle, d'une manière peut-être fâcheuse.

M. Tresca fait remarquer qu'il n'est pas bien certain que la liberté soit beaucoup plus grande sur des rouleaux de petit diamètre. La résistance au roulement étant exprimé par  $\frac{\delta P}{r}$  et la résistance au glissement par  $fP$ , la question se réduit à savoir si  $\frac{\delta}{r} < f$ , ce qui conduit approximativement à  $r > \frac{\delta}{f} = 0^m,04$  par approximation. Les rouleaux devraient donc être d'un plus grand diamètre pour que leur emploi diminue la résistance, comme on l'espère.

M. Chisholm demande à examiner le yard que possède le Conservatoire et qui a reposé sur ses rouleaux pendant dix-huit années. Cet examen montre que chacun des rouleaux a formé une empreinte appréciable sur la face inférieure de ce yard.

M. Fizeau en conclut que les variations de température ont produit, sur cette partie, l'effet d'écrouissage dont il avait manifesté la crainte à la précédente réunion.

Pour faire suite à cette discussion, le Comité émet l'avis qu'avant décision définitive et lorsque les moyens de comparaison d'une suffisante précision auront été disposés, on soumette à l'étude expérimentale deux règles, l'une portant des



traits à la surface supérieure, l'autre dans le plan moyen : chacune de ces règles étant d'ailleurs placée soit sur un plan, avec et sans la disposition de M. Faye, soit sur le système à rouleaux équidistants de M. Airy.

Cette résolution est votée à l'unanimité.

La discussion est ouverte sur les dimensions et sur la forme de la section transversale qu'il convient de donner aux étalons.

M. Wild propose d'abord la section carrée de 2 centimètres de côté, avec puits d'un moindre diamètre que dans les étalons anglais, mais également prolongés jusqu'au plan moyen.

M. Chisholm donne quelques renseignements sur les étalons en platine qui existent en Angleterre ; les yards-étalons ont une section d'un pouce de côté.

L'étalon prototype du Conservatoire et la règle provisoire en platine, à section de rail, sont également mis sous les yeux du Comité ; la section adoptée pour cette dernière règle offre le double avantage d'une réduction notable du poids, et d'une facilité plus grande pour prendre la règle et la déplacer.

La suite de la discussion établit que la forme la plus rationnelle ne saurait être la même pour le cas du tracé à la surface ou au fond des puits. Il est donc nécessaire d'adopter une disposition provisoire qui se prête à l'essai des deux systèmes ; le comité paraît être d'accord sur la section carrée à donner aux deux règles provisoires.

M. Lang met en considération le remplacement des puits par une réduction d'épaisseur, à moitié, vers les deux extrémités, ainsi que cela a déjà été fait en Angleterre.

M. Foerster pense que cette disposition comporte les mêmes inconvénients que les puits sans offrir l'avantage de mettre les traits à l'abri de tout accident et de garantir une constance absolue de l'éclairage.

M. Hirsch ne croit pas qu'il faille chercher à exagérer la section transversale, surtout si l'étalon ne doit jamais être enlevé de son support, ni même du comparateur. Il se contenterait même d'une largeur et d'une épaisseur de 1 centimètre, s'il était démontré que les puits, dont il est partisan toutefois, ne sont pas d'une absolue nécessité.

Le comité décide à l'unanimité que les deux règles provisoires seront de section carrée, de 15 millimètres de côté, qu'elles seront en platine iridié, fondu et recuit de la façon la plus convenable, suivant les indications qui ont été données par M. Deville.

M. Foerster croit que, dans l'avenir, mais non pour les besoins actuels, il y aura lieu d'examiner les modifications de longueur, que subissent les barres métalliques par suite de la suspension verticale.

M. Morin donne quelques explications sur les résultats des expériences auxquelles s'est livré M. Tresca sur la détermination du coefficient d'élasticité de la même substance, par voie de flexion ou par voie de traction. L'identité des deux coefficients permet d'estimer très-exactement l'allongement que ce mode de suspension déterminerait, et qui serait, pour 1 mètre de platine, de 0,8 millième de millimètre.

M. Fizeau fait remarquer que si la suspension avait lieu par le milieu de la hauteur, il y aurait une exacte compensation entre les deux effets; mais la grande difficulté consisterait alors à obtenir une même température pour une longue barre placée dans ces conditions.

M. Hirsch donne quelques indications sur les expériences poursuivies en Suisse sur un pendule à réversion, qui a montré dans la position horizontale, sur un comparateur, une autre dilatation que celle qui résulte des oscillations observées en hiver et en été.

M. Tresca pense que cette difficulté due à la variation de la longueur n'est pas seule, la construction de l'appareil de comparaison devant être basée, dans ces conditions, sur des procédés analogues à ceux de nos cathétomètres actuels.

M. Chisholm indique que M. Airy s'est occupé d'un appareil pour la comparaison de yards à bouts sphériques, suspendus verticalement; il a même obtenu, avec des leviers, une précision de un cent millième de millimètre.

Cette question étant pour ainsi dire secondaire est abandonnée pour le moment, et la discussion s'ouvre sur l'étalon de poids.

M. Wild est resté convaincu, à la suite des expériences qu'il a faites, de la parfaite convenance du quartz pour la construc-

tion du kilogramme-étalon. La comparaison, avec un kilogramme en platine, lui a donné les résultats suivants :

Valeur relative	Pression	température	tension de vapeur
Mill.	Mill.	°	Mill.
999,622,85 $\pm$ 0,081	720	20	11
999,623,19 $\pm$ 0,067	714	14	8
999,622,78 $\pm$ 0,013	719	17	9

Encore, la seconde série a-t-elle été faite lorsque la surface du kilogramme cylindrique qu'il employait était légèrement salie par de la poussière qui avait été enlevée, par un lavage, dans la première et dans la troisième.

Steinheil a accepté le quartz comme matière parfaitement convenable pour l'exécution du kilogramme.

La dureté de la matière, la petitesse de son poids spécifique, la perfection de son poli, qui témoigne du moindre accident, sont autant de raisons qui la recommandent pour cette destination.

Il croit qu'on sera conduit à faire exécuter le kilogramme prototype en quartz, et un constructeur de Paris lui a donné l'assurance qu'on trouverait des cristaux suffisants pour la construction d'au moins 30 kilogrammes, dont le prix n'atteindrait pas celui de 1 000 francs en moyenne.

M. Fizeau craint beaucoup les influences électriques : M. Regnault a été arrêté assez longtemps par ces influences dans la détermination de la densité des gaz. Elles se développeront par le moindre frottement et elles persistent généralement très-longtemps avec toutes les autres matières dures analogues. Cependant il est nécessaire de les essayer, par suite des résidus que dépose sur elles la vapeur d'eau, ce qui n'a pas lieu avec le métal.

M. Wild estime que l'influence électrique ne saurait être bien grande, puisqu'elle ne l'a jamais entravé dans aucune de ses pesées, et il cite celles qui ont été faites par M. Seidel à Munich, comme s'étant accordées, à plusieurs années de distance, à un centième de milligramme près. Pour faire varier le poids de 0<sup>me</sup>,1, il faut déjà des variations sensibles dans les différents éléments de correction :  $\pm$  0°,08 pour la température ;  $\pm$  0<sup>mm</sup>,19 pour la pression et  $\pm$  0,50 pour l'humidité.

M. Foerster fait ressortir les inconvénients de la grande différence de volume entre un kilogramme de quartz et un kilogramme de platine : elle est d'environ 300 centimètres cubes.

La question lui paraît résolue avec le kilogramme en platine si l'on veut obtenir une précision de  $0^{\text{mg}},4$  ; mais pour une précision plus grande, elle ne serait pas résolue par le kilogramme en question.

M. Chisholm dit que M. Miller conclurait volontiers à la création d'un prototype en quartz ; mais il serait, quant à lui, plus disposé à celle d'un étalon secondaire seulement en cette matière. Celui qui lui a été fourni par Steinheil, qui est d'une grande pureté, mais à la surface duquel on a dû pratiquer trois petites cavités, pour enlever des grains de matière étrangère, et qui devait être exact à  $0^{\text{mg}},27$  près, lui a donné une différence de  $6^{\text{mg}},94$  avec le kilogramme en platine comparé par M. Miller, et une différence de  $6^{\text{mg}},77$  avec le kilogramme en laiton doré. Peut être, ajoute un membre, Steinheil n'a-t-il pas tenu compte de l'humidité de l'air dans ses corrections ? Au reste, M. Chisholm donnera des renseignemens sur les résultats des pesées qui seront faites à son retour en Angleterre avec la balance à vide que vient de lui livrer M. Oertling.

M. Tresca met sous les yeux du Comité le kilogramme prototype du conservatoire, un kilogramme construit beaucoup plus récemment par Froment et deux kilogrammes de même volume que celui des archives et qui servent maintenant à toutes les comparaisons officielles.

Si M. Wild, de son côté, a fait construire un pareil kilogramme, afin d'éviter les corrections, il est permis de douter qu'un avantage réel puisse être obtenu en exagérant encore cette différence de volume, que l'on s'est ainsi efforcé de réduire au minimum.

Au reste, des expériences suivies devront être faites avec les différents kilogrammes en quartz déjà construits, cette matière étant beaucoup moins sujette à se rayer que le platine et même que le platine iridié. Il y a lieu de faire remarquer, toutefois, que toute rayure sur le quartz est le résultat d'une perte de poids, tandis que, sur le métal, elle ne produit presque toujours qu'un refoulement sans inconvénient réel.

M. Hirsch n'est pas convaincu par ce raisonnement ; l'altéra-

tion d'un des étalons, si elle était possible, sera d'ailleurs moins grave à l'avenir, quand la Commission internationale aura pourvu les pays intéressés d'étalons identiques.

Il est décidé que des essais seront faits pour éclairer tous les points de cette question importante.

Avant de se séparer, le Comité charge le bureau de l'approbation à donner au procès-verbal de cette dernière réunion.

M. Mathieu remercie la réunion et particulièrement MM. les commissaires étrangers de la parfaite entente qui n'a cessé de présider à toutes les discussions et qui a permis de décider toutes les questions avec une parfaite unité de vues. Il est à l'avance persuadé qu'il en sera de même dans les réunions générales fixées au mois de septembre.

La séance est levée à six heures et demie.

Le procès-verbal a été ultérieurement adopté par le bureau.

*Le Président : L. MATHIEU.*

*Les Secrétaires : AD. HIRSCH, H. TRESCA.*