La pendule électrique de précision de M. Hipp

Autor(en): **Hirsch**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel**

Band (Jahr): **14 (1883-1884)**

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-88200

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

LA
PENDULE ÉLECTRIQUE DE PRÉCISION
DE M. HIPP

Par M. le Dr Hirsch

La pendule de précision occupe une place considérable dans l'outillage scientifique. Pour l'astronomie en particulier, et surtout pour cette branche qui était autrefois l'unique et qui est aujourd'hui encore la principale de notre science, pour celle qui s'occupe des mouvements célestes, la pendule ne le cède pas en importance aux instruments optiques et aux divisions des cercles. Heureusement, l'horloge astronomique est arrivée depuis longtemps à un degré de perfection par laquelle elle dépassait les autres instruments d'observation au commencement du siècle dernier et les égalait au commencement du nôtre. Depuis que, par l'échappement Graham et la suspension à ressort, on avait atteint un isochronisme remarquable, et depuis que, par la compensation à mercure, théoriquement peut-être moins parfaite, mais pratiquement bien plus facile à régler que la comdensation à gril, on était parvenu à vaincre à peu

près complètement la principale source des variations de marche, il semblait qu'il restât peu à désirer. Avec ces moyens, les célèbres horlogers anglais et français, les Dent, les Breguet et d'autres ont fourni aux observatoires des horloges dont la variation diurne ne dépassait pas le dixième de seconde, et pour certains chefs-d'œuvre descendait vers le demi-dixième de seconde, tandis que la variation annuelle pour ces derniers se tient dans la limite d'une demi-seconde.

Toutefois, les brillants progrès qu'on a réalisés pour nos puissants instruments modernes, au point de vue optique et mécanique, ont laissé les horloges astronomiques en arrière et doivent tendre à provoquer de nouveaux perfectionnements aussi pour ces machines délicates. C'est d'autant plus nécessaire que l'introduction dans la pratique astronomique de l'enregistrement électrique, au moyen du chronographe, en permettant de mesurer avec sûreté les fractions de la seconde à 1 ou 2 centièmes près, et en diminuant la variation de l'équation personnelle des bons observateurs à 3 ou 4 centièmes de seconde, a d'un côté perfectionné considérablement les moyens de contrôle de la marche diurne des pendules, et que, d'un autre côté, cette nouvelle méthode, tout en chargeant les horloges d'une nouvelle fonction, l'établissement des contacts, qui constitue une puissante source de variations, exige d'elles une bien plus grande régularité de marche pour que l'observation chronographique puisse rendre aux mesures de précision tous les services qu'elle comporte.

C'est encore l'électricité qui paraît destinée à réaliser ces progrès dans l'horlogerie de précision, et notre habile et ingénieux confrère, M. Hipp, dont les

chronographes et les chronoscopes ont tant développé l'art de la mesure pour ainsi dire microscopique du temps, a également réussi à construire une horloge électrique de précision. On peut espérer que cet instrument contribuera à diminuer considérablement les derniers défauts qu'on peut reprocher aux meilleures pendules astronomiques. Ces défauts sont essentiellement au nombre de deux : c'est d'abord la nécessité d'employer de l'huile pour adoucir les nombreux frottements des horloges; or, comme tous les efforts des chimistes et des horlogers n'ont pas encore amené la découverte d'une huile qui convienne aussi bien aux hautes qu'aux basses températures, et qui se conserve au-delà de deux à trois ans, il y a là, à côté de la température, une grande cause de variation annuelle pour les horloges. Nous verrons que M. Hipp a réussi à la supprimer complètement, et c'est là un notable progrès qui, à lui seul, fera époque dans l'horlogerie de précision.

Le second desideratum pour les pendules astronomiques, c'est de les soustraire à l'influence des variations barométriques, influence qui, sans être étudiée complètement, existe cependant et peut produire, dans nos climats, une variation totale allant jusqu'à 3 ou 4 dixièmes de seconde. Or, tous les moyens de compensation barométrique qu'on a essayés ayant échoué, il ne reste qu'à faire marcher les pendules dans le vide ou plutôt sous pression constante. On comprend combien, malgré tous les efforts d'invention qu'on a dépensés, il est difficile de placer et de maintenir dans de telles conditions une horloge à poids, qu'il faut remonter périodiquement, tandis que le pendule électrique, dont on entretient le mouve-

ment au moyen de deux fils minces, s'y prête facilement. On verra plus tard avec quelle perfection M. Hipp est enfin parvenu à conserver la constance de la pression.

Mais, pour permettre à l'horloger habile de réaliser ces deux progrès, il fallait, avant tout, que l'ingénieux électricien, dont il est doublé, fît disparaître les graves défauts qu'on reprochait jusqu'à présent, avec plus ou moins de raison, à la plupart des horloges électriques, savoir l'influence qu'elles subissent dans leur marche par la variabilité de l'intensité des courants, et surtout les interruptions fréquentes auxquelles elles sont exposées par suite de l'oxydation rapide des contacts, de l'épuisement plus ou moins lent des piles, et quelquefois de la cessation subite et complète du courant.

Pour pouvoir expliquer et faire voir comment et jusqu'à quel point M. Hipp a réussi à vaincre ces difficultés et à réaliser les grands avantages mentionnés plus haut, il faudra exposer brièvement les particularités essentielles de la construction que M. Hipp a donnée à la pendule électrique de précision et qu'il a perfectionnée peu à peu en tenant compte des expériences et des observations continuées pendant de longues années, expériences auxquelles j'ai soumis cette pendule à notre observatoire et par lesquelles j'ai été heureux de pouvoir seconder les efforts de notre confrère.

Sans vouloir donner une description détaillée de l'instrument, nous nous bornons à dire que le pendule est muni de l'échappement électrique bien connu de M. Hipp, qu'il a inventé il y a une trentaine d'années et qu'il a heureusement transformé

pour l'adapter à une pendule de précision. La palette qui fait bascule n'est plus suspendue, mais dressée verticalement sur un demi-cylindre en pierre dure, dont l'axe repose sur un couteau en platine iridié, ce qui permet à la palette d'osciller autour de la verticale d'environ 40°, sous l'influence de la contre-palette fixée sur une traverse du pendule et qui consiste en une pierre fine (saphir, chrysolithe ou rubis) portant une coche.

Le jeu de l'échappement se comprend facilement par l'examen des fig. II, III, IV, V et VI; aussi longtemps que l'amplitude d'oscillation du pendule est assez grande pour que l'entaille de la contre-palette *g*, menant la palette *r* à gauche et à droite, peut la dépasser (fig. III et IV), l'électricité reste hors de jeu; mais lorsque, par la résistance de l'air et par le travail que le pendule fait en fermant, près de la suspension, les contacts de seconde, l'amplitude est diminuée jusqu'à une certaine limite (qui est de moins d'une minute d'arc plus faible que l'amplitude maxima), la contre-palette ne passant plus, la palette se prend dans l'entaille de la première et s'arqueboute (voir fig. V); il en résulte (voir fig. VI) que le levier *l* sur lequel est montée la palette *r* et qui repose sur le couteau *m*, est déprimé légèrement du côté droit et soulevé du côté gauche, où il ferme alors en *k* un contact, établissant le courant d'une pile, lequel circule dans l'électro-aimant *m* (fig. I) et attirant son armature, sous la forme d'un morceau de fer doux placé sur une traverse du pendule, donne ainsi l'impulsion à celui-ci.

On comprend que, par cette ingénieuse combinaison, l'électricité est mise en action et l'impulsion don-

née au pendule, non pas à toutes les secondes ou deux secondes, comme dans la plupart des pendules électriques, mais seulement lorsqu'il le faut, pour rendre au pendule l'amplitude voulue d'oscillation qu'il a perdue peu à peu. Il est évident que, lorsque l'intensité du courant qui donne l'impulsion est grande, celle-ci étant plus forte, le pendule mettra plus longtemps pour revenir au minimum de son amplitude, où l'échappement est mis en jeu; en conséquence, les intervalles des impulsions consécutives sont plus longs. Si, au contraire, la force du courant diminue, les intervalles deviennent plus courts. Les avantages de cette combinaison sont les suivants : on emploie ainsi un minimum de force électrique et par conséquent on use la pile moins vite; ensuite, le jeu de la pendule est assuré, même avec une diminution assez considérable de la force de la pile qui, en s'affaiblissant, intervient plus fréquemment. En comptant régulièrement, tous les jours par exemple, la durée de l'impulsion, on obtient une mesure très délicate de l'intensité du courant, et on est averti toujours à temps pour renforcer la pile. Des expériences que nous avons faites en variant intentionnellement l'intensité du courant et par conséquent la durée de l'impulsion, il est résulté que la marche de la pendule n'est pas influencée par ces variations, aussi longtemps que la diminution se maintient dans les limites de 20 à 25 $^0/_0$.

Nous reviendrons tout à l'heure sur l'autre avantage que présente cet échappement, de marcher sans huile, puisque tous les organes sont montés sur couteaux, et qu'il n'y a aucun pivot ou frottement exigeant l'emploi de l'huile.

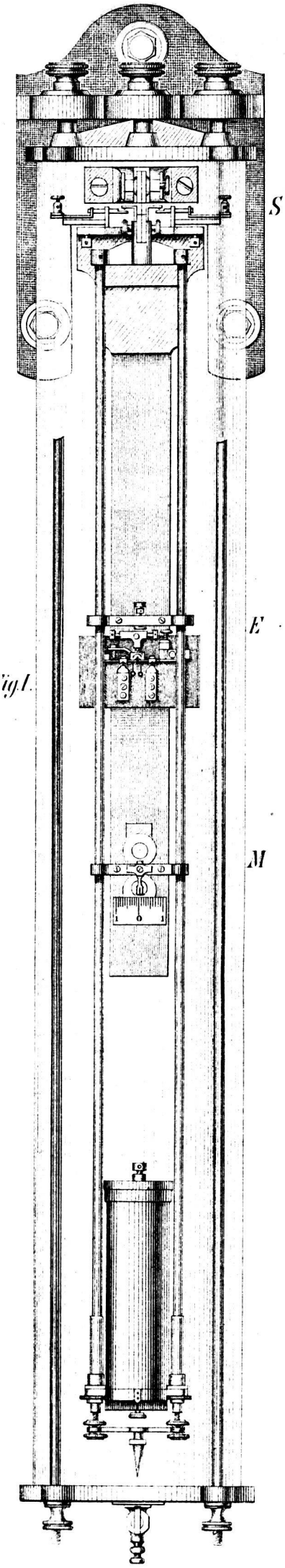


Fig. I.

Fig. II.

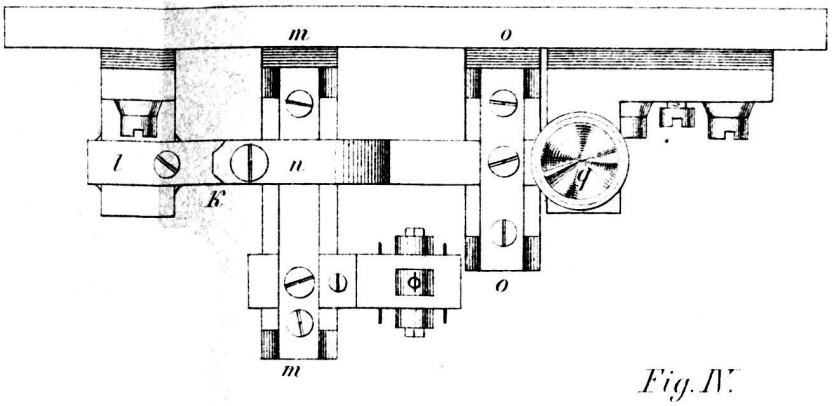


Fig. III.

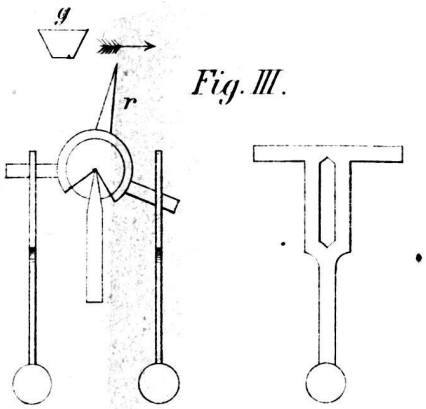


Fig. IV.

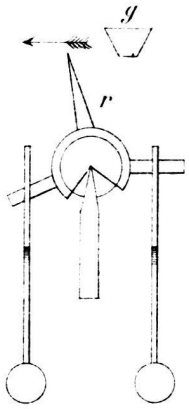


Fig. V.

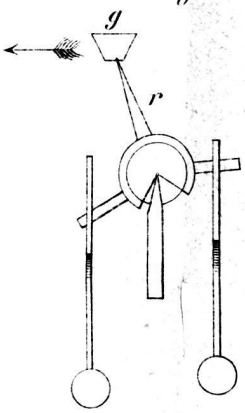


Fig. VI.

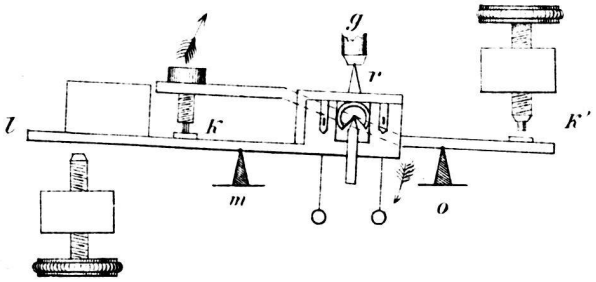
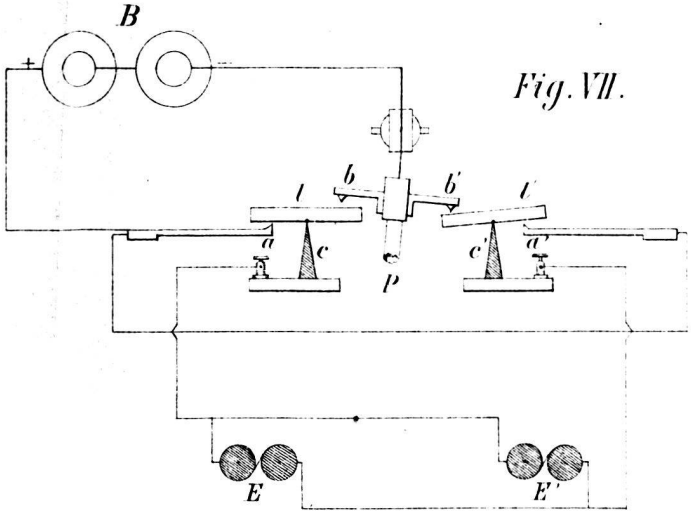


Fig. VII.



Si le constructeur a assuré ainsi à la marche de la pendule des conditions de durée et de constance extrêmement précieuses, il fallait, d'un autre côté, éviter une autre cause de détérioration ou de modification qui compromet à l'ordinaire si gravement la durée et la constance du jeu des appareils de précision dans lesquels l'électricité joue un rôle, savoir *l'oxydation des contacts*, provenant des étincelles que produit l'extra-courant au moment de l'interruption du courant primitif. M. Hipp a obtenu ce résultat capital, qui est la condition absolue de la durée des fonctions électriques, par un moyen aussi simple qu'efficace, c'est-à-dire en ouvrant à l'extra-courant qui naît au moment de l'interruption en *k*, un autre circuit qui se ferme au même moment en *k'* (voir fig. VI) et par lequel l'extra-courant est éconduit, de sorte qu'il ne se produit pas d'étincelle en *k*, ce qui évite l'oxydation de ce contact. L'examen des surfaces de contact, après plusieurs années de marche, a en effet constaté leur parfaite conservation.

L'efficacité de ce moyen si simple s'est manifestée encore plus brillamment pour les contacts de seconde fournissant les courants qui font mouvoir les aiguilles du compteur et qui sont établis par le pendule immédiatement au-dessous du point de suspension (à S, fig. I). Le jeu de ces contacts résulte de la figure schématique VII : le pendule P, en oscillant à gauche et à droite, vient alternativement s'appuyer avec les deux petits becs *b* et *b'* sur des lamelles en platine iridié *l* et *l'*, montées sur les couteaux, également en platine iridié, *c* et *c'*; en touchant et déprimant légèrement ces leviers, le pendule établit alternativement dans le sens inverse à gauche et à droite, des

courants qui parcourent l'électro-aimant du compteur, y attirent l'ancre, et font mouvoir ainsi l'aiguille à seconde. Les lamelles *l* et *l'*, au moment d'être déprimées du côté du pendule, quittent les appuis *a* et *a'* du côté opposé, et réciproquement, au moment où les becs *b* et *b'* du pendule les quittent, elles retombent sur les points de soutien *a*, *a'*. Ainsi, dans la figure VII, le pendule vient faire contact à droite, et le courant de la pile *B* passe par *b'*, *l'*, *c'*, *E'*, *c*, *l*, *a*, *B*. Au moment où le pendule quitte en *b'* la lamelle *l'*, l'extra-courant qui prend naissance se trouve éconduit par le fait que, au même moment, la lamelle *l'* vient s'appuyer sur *a'*. Il en est de même de l'autre côté. De cette façon, toute étincelle est évitée et, en effet, les contacts de seconde d'une pendule que nous avons eue à l'observatoire pendant plus de quatre ans, ont fonctionné continuellement et régulièrement, sans jamais avoir été nettoyés. Or, dans une année, un pendule fait 15 768 000 oscillations de chaque côté; il est donc démontré par l'expérience qu'avec cet arrangement les mêmes contacts peuvent fonctionner plus de 70 millions de fois, sans s'oxyder d'une façon appréciable.

De cette manière, M. Hipp a parfaitement réussi à écarter le principal reproche fait jusqu'à présent aux pendules électriques; mais il restait encore l'autre défaut, presque aussi grave, savoir l'usure plus ou moins grande des piles. Cette usure a pour conséquence qu'à un moment donné l'affaiblissement des piles devient tel qu'elles cessent de faire fonctionner les électro-aimants et que l'horloge s'arrête. L'expérimentation continuée à l'observatoire pendant plus de quatre ans a assez montré la gravité de cet incon-

vénient, mais elle a aussi servi, je l'espère, à le surmonter.

Il faut distinguer à cet égard entre la pile qui sert à entretenir le mouvement du pendule et celle qui fournit les courants de seconde pour le compteur. Quant à la première, dont l'action n'intervient qu'à toutes les deux minutes environ, et qui s'use par conséquent beaucoup moins, on possède, comme nous l'avons déjà remarqué, dans la durée d'intervalle des impulsions successives, une mesure très délicate de sa force; en outre, comme le pendule ne cesse de faire fonctionner les aiguilles que plusieurs minutes après la cessation de toute impulsion, on a toute facilité d'intercaler une nouvelle pile de réserve lorsque la première a baissé au point de rendre les intervalles d'impulsion trop courts. Ce changement peut se faire sans interrompre la marche de l'horloge.

La chose est moins aisée pour la pile des secondes. Non seulement la fonction du courant à toutes les secondes, ce qui comporte donc 86400 émissions par jour, affaiblit la pile bien plus rapidement, mais encore il n'est pas facile de mesurer l'intensité d'un courant qui ne dure qu'une fraction de seconde; enfin, on ne saurait, par les moyens ordinaires, remplacer une pile ou des éléments devenus trop faibles, par d'autres éléments frais, sans interrompre la marche des aiguilles. Cependant, comme il faut parvenir absolument à éviter cet inconvénient grave pour la pratique des observations, j'ai demandé à M. Hipp d'employer des piles doubles, dont une reste toujours en réserve dans un état de force normale, et d'installer un permutateur qui, par un rapide

mouvement de levier, pouvant s'exécuter dans une petite fraction de seconde, permette d'intercaler cette pile de réserve, à la place de l'autre devenue trop faible, dans l'intervalle entre deux émissions consécutives du courant, de sorte que cette opération ne fasse pas perdre de secondes à l'horloge. D'un autre côté, nous avons introduit dans le circuit une boussole spéciale à arrêt, construite de telle façon que les courtes émissions de courant, qui se suivent à toutes les secondes, maintiennent l'aiguille, avec de légères trépidations, sur un certain degré de la division, qui dépend de la force de la pile qu'on doit maintenir pour le fonctionnement régulier de l'horloge. Au moyen de cette boussole on peut donc s'assurer de la force normale de la pile, et aussitôt qu'on aperçoit une baisse au-dessous de la limite admise, on peut intercaler la pile de réserve. Pendant que celle-ci dessert l'appareil, on a le temps de remettre la première pile en état; elle est alors réinstallée comme pile de réserve.

De cette façon, on parvient à assurer à l'horloge électrique une continuité de fonctionnement parfaitement comparable à celle des horloges à poids. De même que pour ces derniers il faut remonter le poids moteur soit toutes les semaines, soit tous les mois, ainsi il suffit pour l'horloge électrique de M. Hipp, de remonter pour ainsi dire les piles, en les remplaçant, de la manière indiquée, par les piles de réserve. Pour celle qui donne l'impulsion au pendule, et qui est formée de trois grands éléments Leclancher, dans la forme très perfectionnée que M. Hipp leur a donnée, il suffit, dans la règle, de les changer tous les six mois; pour l'autre, qui fait mouvoir les

aiguilles du cadran, et qui est formée de quatre grands éléments Meidinger, il convient de le faire tous les mois; sans que pour cela, bien entendu, il soit nécessaire de renouveler chaque fois complètement les éléments, mais seulement pour les nettoyer, ajouter de l'eau ou du sulfate de cuivre, et au besoin remplacer quelques plaques de zinc ou de cuivre usées.

Bien que de cette manière on soit parvenu à doter les horloges électriques de la même constance et de la même continuité de marche que celles que présentent les horloges à poids, il faut convenir qu'il serait peu rationnel de remplacer, pour desservir les pendules, la force gratuite et partout et toujours disponible de la gravité, par la force électrique, bien plus capricieuse et coûteuse, si les pendules électriques ne présentaient certains avantages importants, qui contrebalancent cet inconvénient et qui justifient leur emploi pour les observatoires et autres établissements scientifiques. Cela nous amène à développer avec quelques détails les progrès réalisés pour la mesure du temps par les horloges électriques et que nous avons indiqués sommairement au commencement de cette notice.

Nous y avons dit que le pendule électrique de M. Hipp permet de se passer complètement de l'emploi de l'huile. Non seulement les horlogers, mais aussi les astronomes sauront apprécier à quelle source inépuisable d'embarras, d'irrégularités et d'accidents on soustrait les pendules par la suppression de l'huile. Il va sans dire que cette suppression ne s'entend pas pour le train de roues qui forme la minuterie du compteur, et dont les pivots doivent

nécessairement être graissés; mais comme ce rouage n'est dans aucune communication mécanique, mais seulement rattaché électriquement avec le pendule, qui seul détermine et règle la marche de l'horloge, il est évident qu'il ne peut avoir sur cette marche une influence comparable à celle exercée par le rouage des horloges ordinaires, qui transmet l'action de la force motrice au pendule régulateur. Dans l'horloge Hipp, ce dernier, ainsi que l'échappement qui lui imprime l'impulsion magnétique, sont entièrement dépourvus d'huile. Les mouvements, qui sont du reste tous à bascule, se font sur couteaux et, pour la palette de l'échappement, les frottements ont lieu entre des pierres fines et du platine iridié, le métal le plus dur et chimiquement le plus inaltérable qui existe.

L'introduction dans l'horlogerie de précision de l'alliage platinique mentionné, que j'ai conseillée à M. Hipp, constitue également un progrès notable. M. Hipp avait d'abord essayé pour sa palette l'emploi de l'acier et de l'or; mais après un certain temps, le tranchant de la palette qui vient glisser à toutes les secondes sous la contre-palette en pierre et s'y arquebouter périodiquement, montrait des traces d'usure; ce n'est qu'en se servant du platine iridié, dans lequel la quantité d'iridium a été portée peu à peu de 10 à 40 %, qu'on est parvenu à conserver intact ce tranchant de la palette. De même, M. Hipp a exécuté peu à peu en platine iridié tous les couteaux qui étaient d'abord en acier et qui, bien que dépourvus de toute huile, se couvraient à la longue, sur leur tranchant, d'une mince couche de crasse, formée probablement des molécules métalliques oxydées

sous l'influence de l'humidité de l'air et du frottement. Ici encore, le platine iridié s'est montré bien supérieur à l'acier le plus dur. Enfin, il est employé aussi pour les lamelles de contact, qui sont au nombre de trois de chaque côté du pendule et servent à établir les courants de secondes.

Le second avantage capital de l'horloge électrique de M. Hipp, que nous avons cité, c'est qu'elle est entièrement soustraite aux influences de la pression atmosphérique variable. Dans ce but, le pendule avec son échappement, l'électro-aimant et les ressorts de contact, ainsi qu'un manomètre et un thermomètre, sont renfermés dans une cloche cylindrique en verre, fermée en haut par un plateau en laiton, vissé sur une plaque en fer très épaisse et solide, fixée par de gros boulons dans le pilier et portant tout l'appareil; en bas, la cloche est fermée également par un plateau en laiton, soutenu au moyen de quatre tringles de laiton, parallèles et extérieures au cylindre, dont les vis sont du reste relâchées, une fois que le vide est fait, de sorte que le plateau est porté finalement par la pression atmosphérique. Le cylindre en verre est cimenté aux extrémités dans des anneaux en laiton, rodés sur les deux plateaux de fermeture. Malgré toutes ces précautions, M. Hipp a lutté vainement pendant plus d'une année, sans pouvoir rendre la cloche étanche; après avoir cherché partout le défaut, le soupçon lui est venu que l'air pourrait bien passer à travers les pores du plateau qui était en fonte de laiton de première qualité et d'une épaisseur de 12^{mm}. C'était bien ainsi; car après avoir remplacé le laiton en fonte par un plateau en laiton laminé, la fermeture est devenue absolue. Nous

faisons marcher la pendule sous une pression de 77^{mm} environ ; or, depuis cinq mois, les indications du manomètre, qui est lu tous les jours, n'ont varié que dans les limites de $76^{mm},2$ à $78^{mm},6$, c'est-à-dire des variations allant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et qui s'expliquent par les changements de température et leur influence sur la tension de la vapeur d'eau restée sous la cloche.

Je dirai à cette occasion que les expériences faites avec cette pendule m'ont donné pour variation de sa marche *$0^s,012$ par millimètre de pression;* or, comme l'amplitude de la variation barométrique annuelle chez nous est de 30^{mm} en moyenne et de 34^{mm} au maximum, on voit que la variation annuelle de marche qu'on supprime ainsi est de $0^s,35$ en moyenne et de $0^s,41$ au maximum, et enfin que les fluctuations de pression qui persistent sous la cloche ne peuvent plus influencer la marche du pendule que de 2 centièmes de seconde environ.

Aussi la régularité de la marche de cette pendule est des plus satisfaisante. Il résulte des observations du 29 novembre au 29 mars, où la pendule a travaillé sous une pression constante, que sa variation diurne moyenne était de $\pm 0^s,068$; pour les deux derniers mois, après avoir ramené la marche diurne, qui avait été d'abord trop forte ($8^s,88$), à une demi-seconde d'avance par jour, la variation diurne moyenne n'est même que de $\pm 0^s,060$. Or, puisque la pendule n'a pas servi jusqu'à présent directement aux observations méridiennes, il a donc fallu la comparer journellement à la pendule méridienne, et bien que ces comparaisons se fassent au chronographe, leur incertitude est cependant de $\pm 0^s,015$ environ, de sorte

que lorsque la pendule sera employée aux observations méridiennes, sa variation sera réduite à $\pm 0^s,05$ environ.

J'ai des indications suffisantes pour croire qu'une grande partie de cette variation est due à un reste de défaut de réglage de la compensation, qui sera corrigé lorsque la marche estivale prochaine aura permis de la calculer exactement. Enfin, il ne faut pas oublier que le chiffre donné pour la variation de la pendule contient nécessairement l'incertitude de deux déterminations de l'heure et surtout la variation de l'équation personnelle de l'observateur, dont l'ensemble peut bien être évalué à $\pm 0^s,025$.

Quant à l'amplitude des variations à longue période, elle est renfermée jusqu'à présent dans les limites d'une demi-seconde; mais il faudra l'observer encore plus longtemps pour fixer définitivement la valeur de la variation annuelle.

En résumé, dans l'état actuel, la variation diurne ne dépasse pas le demi-dixième d'une seconde, et comme, après le réglage définitif de la compensation, elle sera réduite à $0^s,03$ ou $0^s,04$, on voit que la précision de la marche de cette pendule est au moins égale à celle des meilleures qui soient connues jusqu'à présent.

Pour terminer, je mentionnerai encore un des avantages qu'offrent les horloges électriques, et qui sera apprécié par les directeurs des observatoires, c'est que le même pendule, placé dans les meilleures conditions de stabilité et de constance de température, par exemple dans un souterrain, peut faire fonctionner plusieurs cadrans dans les différentes salles d'observation, et distribuer ainsi l'heure nor-

male et identique dans tout un observatoire. Chez nous, il fournit l'heure sidérale à nos deux grands instruments, à la lunette méridienne et à l'équatorial, et en outre il enregistre les secondes sur le chronographe.

Enfin, aux yeux des astronomes observateurs, les pendules électriques présentent quelques avantages pratiques importants : le coup des compteurs électriques est beaucoup plus fort qu'on ne peut l'obtenir par des horloges ordinaires avec l'échappement à ancre, de sorte qu'on entend la seconde, même avec le plus fort vent, sans difficulté; en outre, on peut déplacer ces compteurs suivant qu'on observe au Nord ou au Sud, de façon à avoir le cadran toujours en face, ce qui facilite beaucoup l'observation.

En somme, on doit reconnaître que le pendule électrique de Hipp réalise d'importants progrès pour la mesure du temps.