

L'HEURE

Par L. LEROY

Horloger de la Marine et de l'Observatoire

Artiste adjoint au Bureau des Longitudes



FABRIQUE D'HORLOGERIE

L. LEROY & C⁶



7, Boul^d de la Madeleine, 717, Square Saint-Amour,

PARIS

1

7

BESANÇON

L'HEURE

Par L. LEROY

Horloger de la Marine et de l'Observatoire

Artiste adjoint au Bureau des Longitudes



FABRIQUE D'HORLOGERIE
L. LEROY & C^E

7, Bould de la Madeleine, 7 [7, Square Saint-Amour,

P A R I S

7

B E S A N C O N

PREMIÈRE PARTIE



L'HEURE

Qu'est-ce que l'heure?

Pour beaucoup de personnes, l'heure, c'est le moment où l'on se réveille, c'est le moment où l'on déjeune, où l'on se couche ! C'est le moment où l'horloge de l'Hôtel de Ville sonne un certain nombre de coups...

Evidemment l'heure c'est tout cela, mais c'est autre chose aussi... Pour le savant, l'heure, c'est le moment précis où le soleil passe régulièrement à certains points du ciel qu'il a repérés.

Il y a donc bien loin entre l'approximation civile de l'heure et la certitude scientifique, car lorsqu'il s'agit de la première, peu importe que l'heure soit douteuse à quelques minutes près, tandis que s'il s'agit de la certitude scientifique, nous savons, comme horlogers de précision, que nous devons poursuivre la recherche et la conservation de l'heure à la seconde, au dixième et même au centième de seconde !

Voyons donc d'abord comment on arrive à déterminer l'heure exacte et quels sont les moyens *modernes* qui nous conduisent à une certitude dont nous étions bien éloignés il y a quelques années seulement.

Temps moyen. — Temps sidéral.

Le soleil fait sa révolution journalière apparente autour de la terre en 24 heures, se composant chacune de 60 minutes, et chaque minute de 60 secondes, il y a donc en 24 heures : $24 \times 60 \times 60$, soit 86.400 secondes entre les moments où un même méridien terrestre revient, à deux jours consécutifs, passer par le soleil ; mais on sait que le jour solaire n'a pas toujours la même durée, il y a même fort peu de jours égaux dans l'année.

Il faut donc tenir compte de la variation de la marche du soleil pour déterminer le temps moyen : la correction par laquelle on tient compte de cette variation, s'appelle *Y Equation du temps*. Elle est nulle vers le 15 avril, le 14 juin, le 1^{er} septembre et le 25 décembre.

Le 1^{er} janvier, le soleil est en avance de 3^m environ.
 — 12 février, — — 14^m24^s (maximum).
 — 15 mai, — en retard de 3^m48^s
 — 26 juillet, — en avance de 6^m20^s
 — 3 novembre, — en retard de 16^m21^s (minimum).

L'observation d'une étoile dans la lunette méridienne est plus facile que celle du soleil, parce qu'elle ne donne qu'un point lumineux dont on note le passage devant les fils horaires placés au foyer de l'objectif; en outre, l'emploi de l'étoile est plus commode, parce qu'elle fait son évolution diurne dans un espace de temps parfaitement régulier. C'est donc le *temps sidéral*, ou l'espace de temps compris entre deux passages successifs d'une étoile au même méridien, qui servira à déterminer l'heure; on devra, cependant, tenir compte de son accélération par rapport au temps moyen, car l'astre observé mettra 236 secondes de moins que le soleil pour revenir au méridien, soit : 86.400 secondes—236 secondes—86.164 secondes.

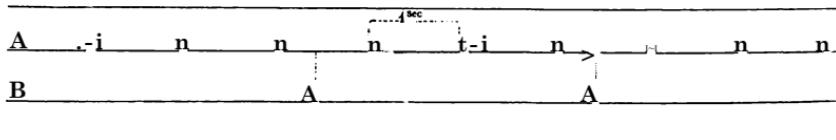
On règle les pendules astronomiques sur le temps sidéral, et on fait la réduction en temps moyen.

D'un jour à l'autre, la pendule astronomique avance ou tarde sur le moment précis du passage de l'étoile; l'observation astronomique le fait connaître ce moment; elle consiste, en effet, à noter l'heure qu'indique le cadran de la pendule au moment du passage au méridien de l'astre considéré. L'œil constate le passage de l'astre au fil; l'oreille permet de noter la seconde à laquelle ce passage a lieu, et même le dixième de seconde. Ce procédé s'appelle *méthode de l'œil et de l'oreille*.

Moyen d'observation.

Il y a un autre moyen de donner « le top » : c'est d'envoyer un signal électrique à un appareil enregistreur qui inscrit sur une bande de papier déroulée automatiquement, les secondes rondes de la pendule et « le top » du passage au méridien. Il suffira de comparer les deux divisions de la bande, pour établir l'état absolu de la pendule par rapport à l'astre observé.

Enfin, on a poussé l'ingéniosité mécanique jusqu'à imprimer sur une bande de papier le temps en secondes, dixièmes et centièmes de secondes, de sorte qu'au moment du passage on presse sur un bouton électrique et on a la notation du temps imprimée en langage clair, système qui présente l'avantage de conserver dans les archives la trace écrite de l'observation. (Chronographe imprimant de Gautier.)

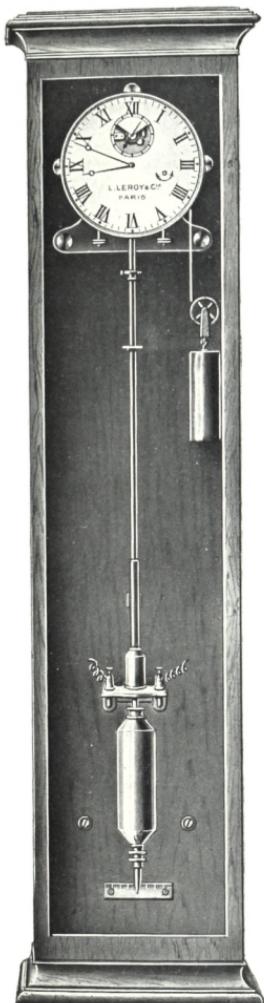


La ligne A donne les tops de la Pendule à chaque seconde.
 La ligne B enregistre les tops au moment du passage de l'astre devant les fils de la lunette.

Conservation de l'heure.

Ces divers moyens de prendre 1 heure permettent de déterminer l'état de la pendule, à la condition que le ciel s'y prête. Si le temps est couvert, le ciel brumeux, impossible de prendre l'heure aux étoiles, et plus de contrôle astronomique possible. Il faut alors établir par les observations antérieures la marche diurne de la pendule, ce qui ne peut être fait rigoureusement, personne ne pouvant affirmer qu'une marche diurne soit absolument invariable. Il faut compter avec l'intervention de la température, qui modifie le centre de gravité du balancier; il faut compter avec la pression atmosphérique qui fait varier les pendules d'un peu plus d'un dixième de seconde par centimètre de mercure du baromètre.

Si l'observation du ciel est impossible pendant 8, 15 ou 20 jours (ce qui n'est pas rare dans beaucoup de pays), l'erreur probable de la pendule sera multipliée par 8, 15 ou 20, et le premier jour où l'astronome observera une étoile, il constatera une erreur assez considérable, pouvant atteindre quelques secondes si la pendule n'est pas suffisamment parfaite.



Pendules 1116 et 1117. envoyant les employés dans les balanciers à grille depuis
signaux horaires de l'Observatoire de Jules LE ROY, ou la compensation à mercure du
Pans à la Tour Eiffel.
système de GRAHAM ont donné de bons résul-
tats, mais l'emploi du métal Invar, découvert en janvier 1897, par M. le Docteur

Ch.-Ed. GUILLAUME, Directeur actuel du Bureau International des Poids et Mesures à *Sèvres*, constitue un réel progrès. L'Invar est un alliage d'acier

avec 36 0/0 de nickel. Sa

L — s — r — I — y dilatation est très minime

(1^{re} qualité = 1 /2 ").

Pour un balancier d'un mètre la dilatation est à peine appréciable :

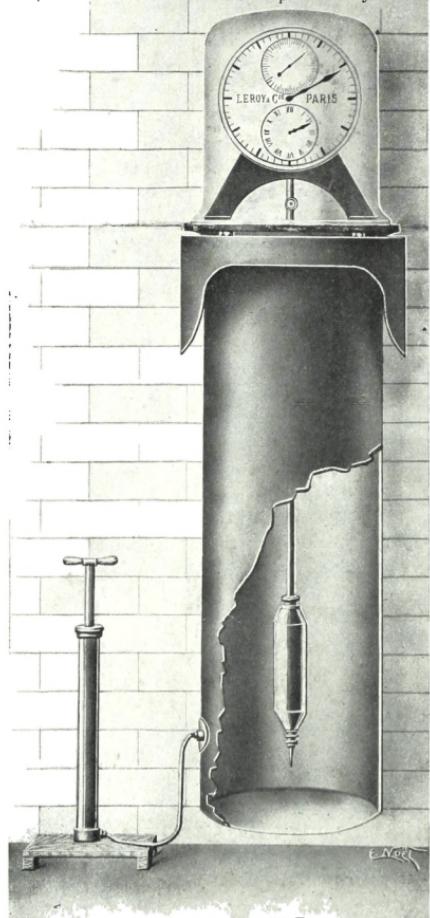
0 $m^{\prime}m$ 0009 pour un mètre par degré (12 fois moins que l'acier), soit 0 $m^{\prime}m$ 027 pour 30 degrés de dilatation. La compensation se fait facilement par la composition de la masse du balancier composée, elle aussi, de métaux peu dilatables.

S'il s'agit de l'action de la pression barométrique, les pendules sont perturbées d'une façon sensible, puisque le baromètre passe quelquefois de 750 à 723 "J_n (Ex. le 18 nov. 1916), d'où une variation de 0°46 dans la marche des pendules, et il peut y avoir des variations plus grandes encore.

Il a donc fallu construire des pendules . enfermées dans des enveloppes hermétiques qui les mettent complètement à l'abri de ces causes de perturbation.

Pendules à pression constante.

Dans un local à température constante, on a scellé dans un gros mur un support formant collier. Cette pièce de fonte fixée au mur



PoncUile S pression $C^{\circ} s.,\infty e$
Vue d'ensemble

par quatre boulons, soutient un tube cylindrique en cuivre rouge, sans soudure, de 5 m/m d'épaisseur, avec un fond de 8 m/m, soudé à la soudure autogène.

Ce tube se termine à sa partie supérieure par une collarette en bronze qui

vient reposer sur 3 vis calantes, permettant de mettre l'appareil de niveau et d'aplomb.

Cette colerette porte une rainure large de quelques centimètres pour recevoir la partie inférieure d'une cloche qui vient fermer hermétiquement le tout; l'introduction de l'air extérieur est empêchée au moyen d'une couche adhérente de cire et de vaseline sur le bord de la cloche.

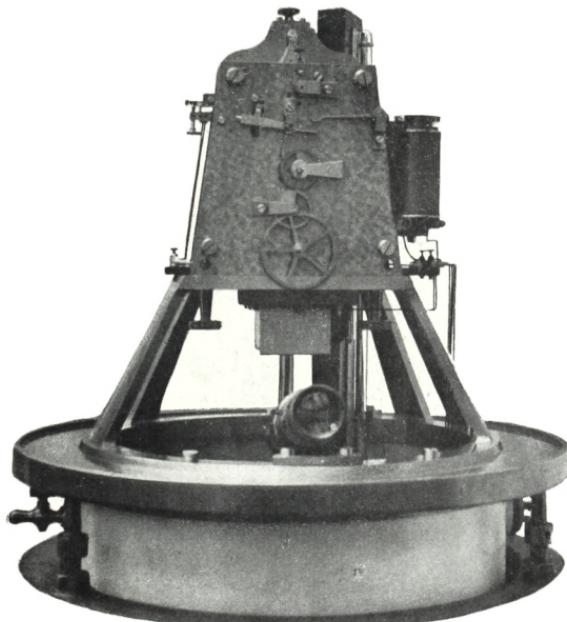
Pour actionner le mouvement de l'horloge, on emploie le remontage électrique. Les fils reliant les contacts de l'horloge avec l'extérieur traversent l'enveloppe au moyen d'un bouchon en matière isolante.

Sur le rebord intérieur de la colerette on fait reposer le chevalet de bronze au sommet duquel se pose le mouvement sur une plateforme parfaitement dressée qu'on rectifie encore au moyen d'un niveau à bulle d'air.

La face antérieure du chevalet est formée par la platine fondué en bronze avec des pieds en équerre qui lui assurent le maximum de fixité. Cette platine-chevalet porte à sa partie supérieure deux potences qui supportent la suspension et le balancier.

Les connexions entre les bornes du cylindre en laiton et le mouvement sont faites au moyen de fils rigides repérés exactement.

Un robinet d'air permet de retirer l'air de la cloche à volonté au moyen d'une pompe aspirante.

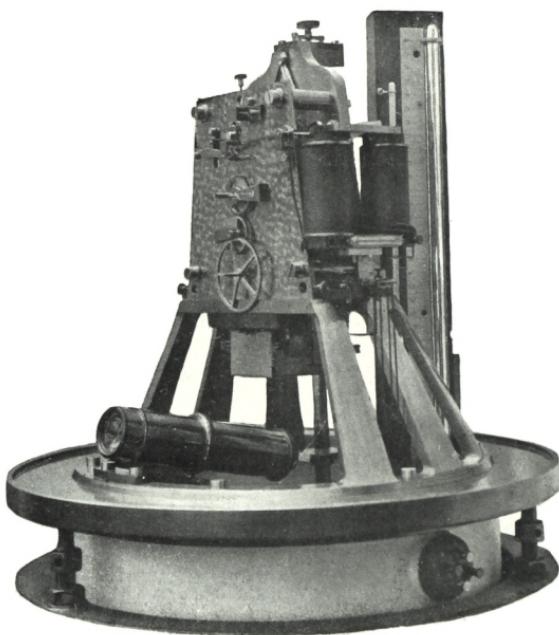


Pendule à pression constante, vue de face.
(Le cadran étant enlevé).

Fonctionnement de la pendule à pression constante.

Pour le remontage on a employé le système dit : à force constante. L'entraînement de la roue qui précède la roue des secondes ou roue d'échappement, est assuré par un poids de 4 à 5 grammes formé par un morceau de laiton monté sur pivots, roulant dans des pierres dures. Il est solidaire, par un cliquet, d'une roue de rochet reliée à l'axe de la roue d'engrenage par un ressort auxiliaire.

Un autre cliquet fixé sur la platine empêche, au moment du remontage, la roue de rochet de revenir en arrière. La roue d'engrenage est donc sollicitée par la tension du ressort auxiliaire au moment du remontage.



Pendule à pression constante.
Vue du mécanisme de remontage électrique.

Le poids descend en entraînant la roue. Il vient rencontrer, par l'extrémité opposée au cliquet, un levier isolé monté sur un axe portant un renvoi par engrenage d'angle. Au moment où ces deux pièces viennent en contact le circuit se trouve formé sur les bobines d'un électro de forme spéciale.

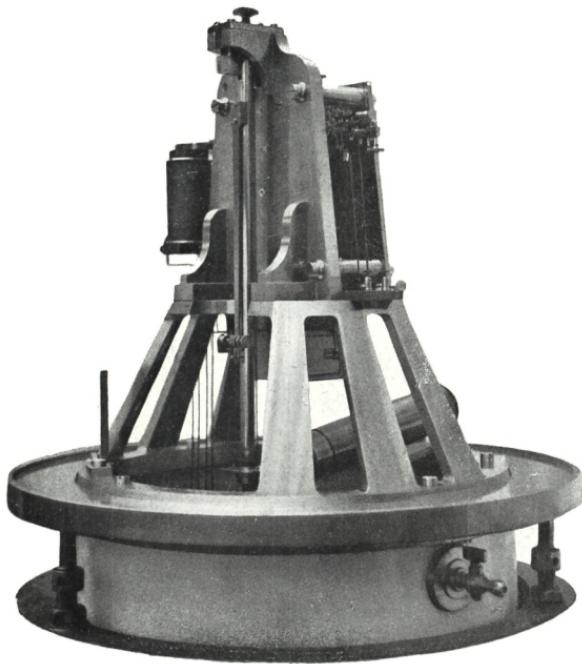
L'armature est pivotée en son centre et tourne, par l'attraction, de quelques degrés autour de son axe.

Par l'intermédiaire de l'engrenage d'angle, le mouvement de la palette est transmis à la pièce isolée qui s'abaisse en remontant le poids jusqu'au moment où une pierre bien placée vient couper le courant. La palette de l'électro revient à son point de départ, sollicitée par un ressort et la fonction recommence aussitôt que le poids vient en contact avec la pièce isolée.

Le remontage se fait toutes les 34 secondes.

Le système fonctionne avec trois éléments Leclanché (soit 4 volt environ). La résistance de l'électro est de 50 ohms. Une lampe de 200 ohms de résistance est montée en shunt sur les bobines pour absorber le self. La mise au point de la marche diurne se fait en retirant ou en ajoutant de l'air dans la cloche, c'est-à-dire en modifiant la pression intérieure.

On emploie dans ces pendules, soit l'échappement à ancre de GRAHAM, soit l'échappement de REID.



Pendule à pression constante.
Vue du côté fond.

Tableau des Marches de la Pendule L. LEROY & C^e N° 1185

déterminées chacune par 5 observations



1915

2 janvier	-09085	20 mars	. -0*063	16 mai ..	-0*052	28 juillet	. -0*018
3 —	-0*086	25 ■	. -0*077	22 —	-0*047	29 —	-0*018
4 —	-0*086	26 ---	. -0*083	23 —	-0*043	30 —	-0*017
8 --	-0*084	28 -	. -0*081	24 —	-0*040	31 —	-0*018
9 —	-0*080	29 —	. -0*070	25 —	-0*046	7 août	-0*012
11 —	-0*082	31 - -	. -0*061	28 —	-0*050	15 —	-0*015
17 —	-0*085	1 ^{er} avril	. -0*080	29 —	-0*044	16 —	-0*014
22 --	-0*083	7 —	. -0*061	2 juin ..	-0*047	17 —	-0*014
27 —	-0*087	8 —	. -0*053	4 —	-0*043	19 —	-0*014
28 —	-0*087	9 —	. -0*049	5 —	-0*044	20 —	-0*010
29 —	-0*093	10 —	. -0*056	6 —	-0*037	21 —	-0*000
3 février.	-0*097	11 —	. -0*065	7 —	-0*043	22 —	-0*006
4 —	-0*090	12 —	. -0*068	12 —	-0*043	23 —	-0*020
5 --	-0*090	15 ---	. -0*062	13 —	-0*037	25 —	-0*009
8 --	-0*081	16 ---	. -0*054	14 —	-0*037	27 —	-0*004
9 —	-0*073	17 —	. -0*052	15 —	-0*032	28 —	-0*016
12 --	-0*076	19 —	. -0*056	16 ---	. -0*027	30 —	-0*013
13 —	-0*084	20 -	. -0*059	17 —	-0*033	31 —	-0*007
15 --	-0*088	21 - -	. -0*051	18 —	-0*034	2 sept..	-0*017
16 —	-0*088	22 —	. -0*045	19 —	-0*032	3 —	-0*017
18 --	-0*083	23 - -	. -0*042	20 —	-0*029	5 —	-0*001
20 -----	-0*077	26 - - -	. -0*059	24 —	-0*039	6 —	-0*001
21 --	-0*082	27 —	. -0*063	25 —	-0*032	7 - > ■■	-0*001
23 —	-0*076	28 ---	. -0*057	26 —	-0*029	8 —	-0*001
25 —	-0*066	29 —	. -0*048	28 —	-0*025	9 —	-0*001
26 —	-0*066	30 —	. -0*027	1 ^{er} juillet	-0*027	10 —	-0*001
1er mars ..	-0*075	1 ^{er} mai ..	. -0*046	2 —	-0*031	11 — ..	-0*001
2 —	-0*092	2 —	. -0*059	3 —	-0*028	12 — ..	-0*001
4 —	-0*094	4 —	. -0*054	4 —	-0*021	13 — ..	+ 0*010
9 —	-0*091	6 —	. -0*050	8 —	-0*020	14 — ..	+ 0*019
11 —	-0*082	7 —	. -0*058	10 —	-0*023	18 — ..	-1 0*013
13 —	-0*079	8 —	. -0*062	15 —	-0*021	19 — ..	+ 0*007
14 —	-0*075	9 -0*070	18 —	-0*018	20 — ..	4 0*005
15 —	-0*075	10 —	. -0*068	19 —	-0*017	21 — ..	-1 0*007
16 --	-0*079	11 —	. -0*063	20 —	-0*019	22 — ..	+ 0*015
17 —	-0*073	12 —	. -0*052	21 —	-0*019	30 — ..	+ 0*010
19 --	-0*065	15 —	. -0*048	22 —	-0*011	isr oct..	+ 0*010

Dans les Observatoires officiels, on emploie divers genres de pendules: 1^o les pendules directrices, à air libre ou à pression constante. 2^o Les pendules synchronisées par les directrices et donnant l'heure aux différentes parties du bâtiment.

DEUXIÈME PARTIE



L'HEURE PAR TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Une pendule qui eut été dite bonne, il y a cinquante ans, serait regardée comme médiocre aujourd'hui, en raison des progrès accomplis par les constructeurs et comme conséquence de l'intervention de nouveaux appareils de contrôle. En outre, l'horlogerie de précision doit à la T. S. F. d'avoir perfectionné les méthodes d'envoi et de réception de l'heure à petite ou à grande distance.

Chacun sait qu'à la suite des découvertes si merveilleuses de BRÀNLY, de MARCONI, de DUCRETET et d'autres éminents physiciens, on a jugé indispensable de créer un service international de l'heure. Une conférence réunie à Paris, en octobre 1912, a décidé que l'Observatoire de Paris centraliserait ce service, ayant la Tour Eiffel comme porte-parole à travers le monde.

L'onde qui traversera les mers ou l'espace, sera entendue par des milliers de stations ou d'observateurs répartis sur la surface du globe, chaque jour et chaque nuit à des moments convenus d'avance. Elle servira de point de repère aux marins et aux savants pour le réglage de leurs chronomètres, dans un rayon de 6 à 7.000 kilomètres à la ronde.

Envoi de l'heure.

Le service horaire journalier est fait, jusqu'ici, de la manière suivante : l'Observatoire de Paris détermine l'heure par les observations d'étoiles, comme il a été dit au début de cette étude, et la conserve au moyen de trois excellentes pendules en service.

Lorsque l'astronome s'est assuré de l'heure exacte, il compare successivement à la pendule directrice (ordinairement 1185 L. Leroy et C^e) les deux pendules 1116 et 1117 (des mêmes horlogers) et il rectifie leur état absolu à l'aide du rectificateur magnétique dont elles sont munies. L'écart diurne ne dépassant guère un dixième de seconde, il suffit de quelques minutes pour les ramener à la correction zéro.

On écoute à l'oreille, par l'office d'un récepteur, si le synchronisme des deux pendules est réalisé, et lorsqu'elles battent ensemble, le contact de celle qui doit envoyer les signaux, est relié à la ligne de la Tour Eiffel au moyen d'un commutateur permettant aussi d'utiliser immédiatement la deuxième pendule si le moindre accident survenait à la première.

L'observatoire de PARIS envoie les signaux le matin à 10^h45^m, 10^h47^m, 10^h49^m et la nuit à 23^h45^m, 23^h47^m et 23^h49^m. Ces signaux étant donnés par un contact direct de la pendule, sont précédés d'appels préparatoires faits à la main avec un manipulateur Morse de la façon suivante :

10 h. 44 m.) — — — — — ~~~~~ — — — — —

$$\begin{array}{r} 10\ 46) \\ 23\ 46) \end{array} \left\{ \begin{array}{l} - \\ \dots \end{array} \right. \quad \boxed{-}$$

10 48)
23 48)

0 s. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. II. 12. 13. 14. 15 43. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54
 55. seconde pleine, 57. seconde pleine, 59 seconde pleine. La fin de la seconde 59 donne donc exactement le ton de 45.

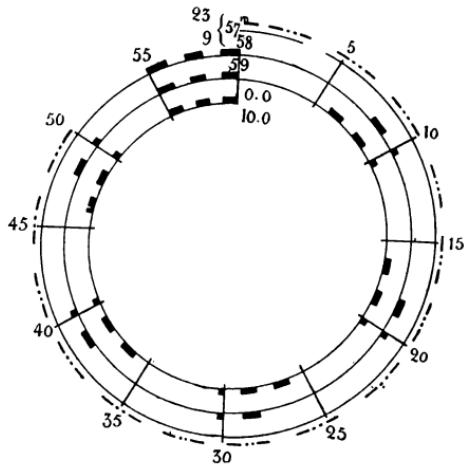
En outre des signaux horaires proprement dits dont il vient d'être parlé, la Tour Eiffel en transmet d'autres, envoyés directement par des appareils spéciaux.

Appareils transmetteurs de signaux.

L'Observatoire de PARIS possède deux appareils transmetteurs de haute précision construits, l'un par MM. Brillié et L. Leroy et Cie l'autre par MM. Belin et L. Leroy et Cie.

Chacun d'eux est synchronisé par l'une des pendules 1116 et 1117.

Les envois se font actuellement le matin à 10 heures et sont composés de traits et de points suivant la figure ci-dessous, avec une justesse de transmission de l'ordre du 3 au 5 centièmes de secondes.



Signaux envoyés par la Tour Eiffel, de 9 h. 57 à 10 h. 0,

Voici les stations horaires qui fonctionnent ou fonctionneront à bref délai :

Paris, Tour Eiffel, signaux à 0^h et à 10^h (méridien de Greenwich).

San Fernando de Noronha (Brésil), signaux à 2^h et à 10^h (méridien de Greenwich).

Arlington (Etats-Unis), signaux à 3^h et à 17^h (méridien de Greenwich).

Mogadiscio (Somali italien), signaux à 4^h (méridien de Greenwich).

Tombouctou (Soudan français), signaux à 6^h (méridien de Greenwich).

Norddeich-Wilhemshafen (Allemagne), signaux à 12^h et à 22^h (méridien de Greenwich).

Massaouah (Erythrée), signaux à 18^h (méridien de Greenwich).

San Francisco (Etats-Unis), signaux à 20^h (méridien de Greenwich).

Les stations universelles de l'heure sont ainsi assimilées à d'immenses phares qui envoient à travers l'espace leurs ondes à des moments précis. Elles pourront également servir à annoncer un cyclone ou une tempête aux marins.

11 suffit d'une seconde de temps à l'onde hertzienne pour parcourir 300.000 kilomètres, c'est-à-dire, qu'en une seconde elle fait 7 fois 1/2 le tour de la terre. Grâce à cette vitesse énorme le temps n'est plus rien dans la transmission d'un signal, mais il joue un grand rôle dans les résultats qu'on peut en tirer.

Successivement, de nouvelles stations seront créées à SAIGON, à TAHITI, et la Tour Eiffel pourra communiquer avec les postes les plus lointains.

Signaux scientifiques.

Les signaux horaires peuvent être entendus avec une plus ou moins grande exactitude, en raison des bruits parasites, et des retards possibles de transmission. Les observatoires ont donc jugé nécessaire d'avoir recours à un autre système de vérification de l'heure, et dans ce but, l'Observatoire de Paris envoie chaque nuit des signaux « scientifiques » dont voici le fonctionnement :

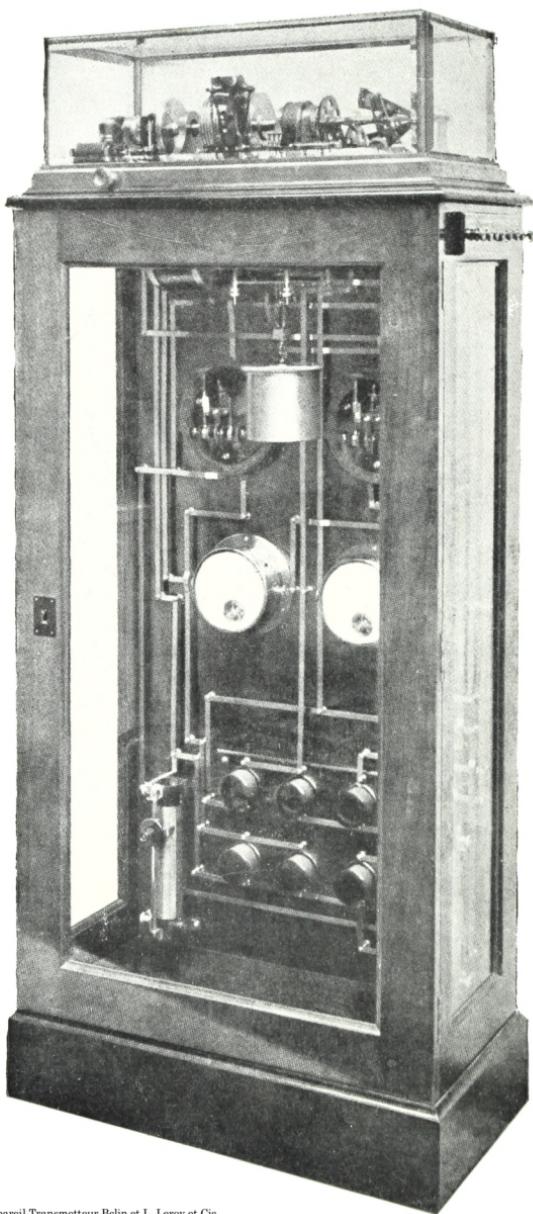
La Tour Eiffel lance, au moyen d'une pendulette L. LEROY et C^{ie}, dont le b alancier a été volontairement raccourci de manière à donner une avance de 1 seconde par 60 secondes, 300 signaux à la suite. L'observateur qui entend ces signaux en même temps que les battements de sa pendule, note les moments précis où il y a coïncidence, et l'erreur qui peut résulter de cette comparaison n'excède pas le cinquantième de seconde.

Enregistrement photographique des signaux.

Enregistrer l'heure au dixième de seconde, voilà qui n'était pas mal, mais un nouveau procédé imaginé par M. le professeur ABRAHAM, permet d'enregistrer l'heure au centième de seconde et de *photographier* le moment précis où l'onde est perçue.

Un galvanomètre à cadre, très sensible, est installé au poste récepteur. Lorsque l'onde arrive, elle influence d'une façon presque imperceptible un petit miroir monté sur pivots qui envoie un rayon lumineux sur une pellicule photographique qui reçoit en même temps et par le même système, les vibrations d'un diapason.

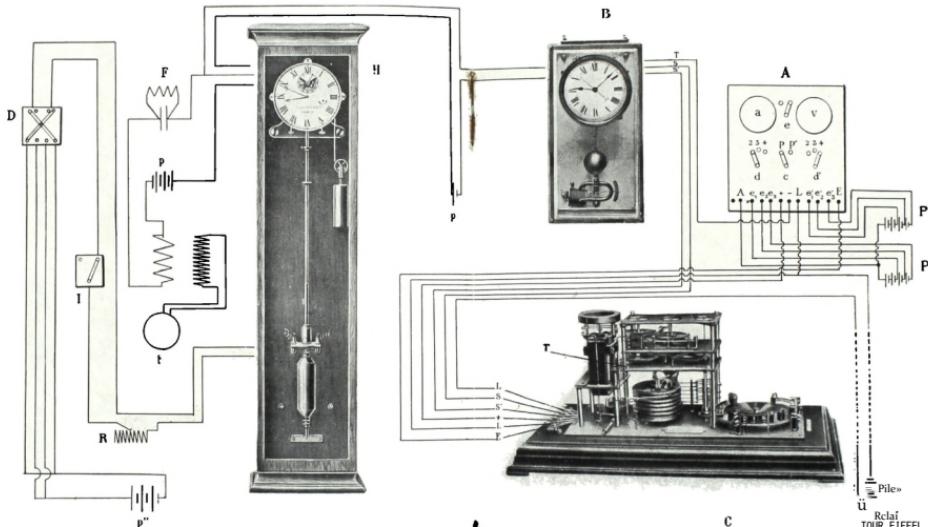
On voit sur le cliché l'enregistrement de la seconde d'une pendule à seconde, et en-dessous l'enregistrement de l'onde reçue. Chaque division du diapason étant



Appareil Transmetteur Belin et L. Leroy et Cie.

POSTE DISTRIBUTEUR DE SIGNAUX HORAIRES BRILLIÉ - LEROY

iislailé à l'Observatoire de "Paris



H. *Baudula discotricha* "LEBOVY" (n° 1117) à contact de seconde

B. Pendule-rlai synchronis

C. Appareil transmetteur.

A. Tableau de connexions (voltmètre, ampèremètre, etc.).

CONNEXIONS DE L'HORLOGE DIRECTRICE

- D. Inverseur de courant pour remise A) l'heure.
 F. Condensateur. 1
 t. Ecouteur téléphonique. !
 p Pile de l'écouteur téléphonique. (p' Pilote de synchronisation.
 n' Pile de remise à l'heure

I. Interventos da ramica (I) Técnicas

CONNEXIONS DE L'APPAREIL TRANSMETTEUR

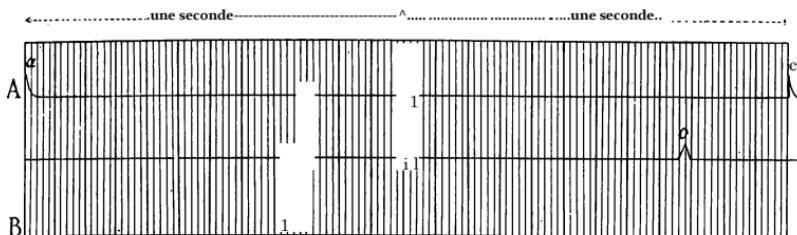
- CONSIGNES DE L'APPAREIL TRANSMETTEUR**

P Batterie (Pila ou accumulateurs).
P' Batterie de recharge.
a. Autonomie.
b. Vol en continu.
c. Commutateurs permettant de changer de batterie.
U=d Commutateurs permettant d'ajouter un ou deux éléments de la batterie.

Commutateur permettant de faire les émissions en dehors des heures normales, après manœuvre déjà manette présente existant sur l'appareil transmetteur (manette i).

de 1/63 de seconde, il est facile de subdiviser cette échelle en 2 ou 4 parties, de façon à lire des écarts de 1/200 de seconde.

D'ailleurs, si nous comparons un instant la fragilité de nos mécanismes avec la sensibilité des vibrations électriques, nous pouvons conclure qu'une seconde est un espace bien long, pendant lequel des phénomènes extrêmement complexes peuvent se produire.



La T. S. F. en fournit la preuve : on sait que les courants alternatifs donnent un nombre considérable de vibrations par seconde. Un courant de 42 périodes change 84 fois de pôle par seconde, un courant de 1.000 périodes change 2.000 fois de pôle par seconde. On est arrivé à faire des appareils donnant 40.000 périodes par seconde, soit : 80.000 changements de pôle dans l'espace d'une seconde.

Enfin pour la détermination de la vitesse de propagation des ondes hertziennes, la perfection de nos appareils horaires n'est pas négligeable, car lorsqu'on pourra envoyer avec certitude de deux ports éloignés de 8.000 ou 10.000 kilomètres des signaux rigoureusement justes, il sera extrêmement facile de se rendre compte du temps de leur transmission.

C'est au moyen de garde-temps très précis, d'installations radiotélégraphiques de grande puissance et d'instruments d'optique munis des derniers perfectionnements, qu'eurent lieu :

En 1911 la détermination de la longitude de BIZERTE.

— 1913 — — —

l'Observatoire d'Uccle (près
Bruxelles).

En 1913 et 1914 la détermination de la longitude de Washington fut faite simultanément et indépendamment par une équipe d'astronomes et de marins américains et par une équipe de militaires et de marins français. Chaque équipe était composée de deux groupes d'astronomes et les deux groupes d'une même équipe permirent successivement à Washington et à Paris.

Cette dernière expérience a permis d'établir la longitude de Washington avec une approximation de $\pm 0^{\circ}031$, c'est-à-dire à ± 9 mètres, pour une distance d'environ 6.200 kilomètres.

Fac-similé du bulletin de marche délivré au chronomètre de marine m 107S, L.

Le signe -f se rapporte à

HATK	Température	MARCHE diurne	ÉCART avec la moyenne de la période	DATK	Température	MARCHE diurne	ÉCART avec la moyenne de la période	DATE
	* °	s	s		°	s	s	
1^{er} PIC HIODE								
6 ^e PÉRIODE IODE								
Du 13 au 14	45,0	— 2,3	— 0,04	Du 7 au 8	15,2	— 2,4	+ 0,10	Du 5 au 6
Du 14 au 17 ^r	15,0	— 2,2	-i - 0,06	Du 8 au 9	15,0	— 2,5	0,00	Du 6 au 7
Du 15 au 16 ^f	15,2	— 2,2	i - 0,06	Du 9 au 10	15,2	— 2,6	— 0,10	Du 7 au 8
Du 16 au 17	15,0	— 2J	i - 0,16	Du 10 au 11	15,4	— 2,4	-i 0,10	Du 8 au 9
Du 17 au 18	15,1	— 2,5	— 0,24	Du 11 au 12	15,2	— 2,6	— 0,10	Du 9 au 10
JOUR INTERMÉDIAIRE								
Du 12 au 13	1 0,0	1 - 3,3	..					
2 ^e PÉRIODE								
Du 18 au H)	15,1	— 2,0	■ 4 - 0,26	Du 13 au 14	1 0,0	1 - 3,0	- 4 - 0,14	Du 10 au 11
Du 19 au 20	15,2	— 2,3	— 0,04	Du 14 au 15	1' 0,0	— 3,1	4 - 0,04	Du 11 au 12
Du 20 au 21	15,2	— 2,1	f 0,16	Du 15 au 16	0,0	— 3,3	— 0,16	Du 12 au 13 ;
Du 21 au 22	15,3	.. 2,6	— 0,34	Du 16 au 17	10,0	— 3,2	— 0,06	Du 13 au 14 1
Du 22 au 23	15,2	— 2,3	— 0,04	Du 17 au 18	1 0,0	— 3,1	+ 0,04	Du 14 au 15
JOUR INTERMÉDIAIRE								
Du 18 au 19	1 5,3	— $\frac{v}{x}$ 8	»					
3 ^e PÉRIODE								
Du 23 au 24	15,2	— 2,2	+ 0,12	Du 19 au 20	15,3	— 2 5	— 0,04	Du 15 au 16
Du 24 au 2r>	15,2	— 2,3	+ 0,02	Du 20 au 21	15,1	— 2*3	+ 0,16	Du 16 au 17
Du 25 au 26	15,0	— 2,3	+ 0,02	Du 21 au 22	15,1	— 2,4	i - 0,06	Du 17 au 18
Du 26 au 27	15,2	— 2,3	+ 0,02	Du 22 au 23	15,2	— 2,4	i - 0,06	Du 18 au 19
Du 27 au 28	15,0	— 2,5	— 0,18	Du 23 au 24	15,1	— 2,7	— 0,24	Du 19 au 20
JOUR INTERMÉDIAIRE								
Du 24 au 25	I 30,1	1 - 3,1	»					
4 ^e PÉRIODE								
Du 28 au 29	15,1	— 2,5	— 0,12	Du 25 au 26	30,0	— 2,6	+ 0,04	Du 20 au 21
Du 29 au 30	15,2	— 2,2	+ 0,18	Du 26 au 27	30,2	— 2,6	+ 0,04	Du 21 au 22
Du 30 au 31	15,3	— 2*7	- 0,32	Du 27 au 28	30,0	— 2,8	- 0,16	Du 22 au 23
Du 31 au 1 ^{er}	15,3	— 2,1	-f 0,28	Du 28 au 29	30,0	— 2,7	- 0,06	Du 23 au 24
Du 1 ^{er} au 2	15,1	— 2,4	— 0,02	Du 29 au 30	30,0	— 2,5	-i 0,14	Du 24 au 25
JOUR INTERMÉDIAIRE								
Du 30 au 31	1 15,2	- 2,1	»					
5 ^e PÉRIODE								
Du 2 au 3	15,2	— 2,5	— 0,06	Du 31 au 1 ^{er}	15,4	— 2,3	+ 0,16	Du 25 au 26
Du 3 au 4	15,0	— 2,2	+ 0,24	Du 1 ^{er} au 2	15,0	— 2,5	- 0,04	Du 26 au 27
Du 4 au 5	15,1	— 2,6	- 0,16	Du 2 au 3	15,1	— 2*6	- 0,14	Du 27 au 28
Du 5 au 6	15,1	— 2,5	- 0,06	Du 3 au 4	15,2	— 2,5	- 0,04	Du 28 au 29
Du 6 au 7	15,2	— 2,4	+ 0,04	Du 4 au 5	15,0	— 2,4	+ 0,06	Du 29 ni 30
10 ^e PÉRIODE								

LEROY et Cie. Échappement à ressort, spiral cylindrique, balancier Guillaume

l'avance. le signe — au rclanl

Tg °C	MARCHÉ d'urne	ÉCART avec la moyenne de la période	PÉRIODE	RÉSUMÉ DE LA MARCHÉ ET DES' TEMPÉRATURE MOYENNE		SOMME DES ÉCARTS 1
					j M A R C H E MOYENNE	
0	I*	S				
PÉRIODE			1	15,06	- - 2,26	0,56
			2	15,20	- - 2,26	0,84
12,0	2,7	- 0,16	3	15,12	- - 2,32	0,36
15,3	- 2,5	- 0,04	4	15,20	- - 2,38	0,92
15,5	- 2,6	- 0,06	5	15,12	- - 2,44	0,56
15,5	- 2,4	L 0,14	11	15,20	- - 2,50	0,40
15,6	- 2,5	- 0,04	7	0,00	- - 3,14	0,44
			8	15,16	- - 2,46	0,56
			9	30,04	- - 2,64	0,44
			10	15,14	- - 2,46	0,44
PÉRIODE			II	15,38	- - 2,54	0,44
			12	15,24	- - 2,52	0,88
15,6	- 2,4	! 0,12	11	15,10	- - 2,62	0,16
15,4	- 2,6	- 0,08	14	15,04	- - 2,58	0,48
15,0	- 2,2	h 0,32	15	15,04	- - 2,62	0,36
15,1	2,8	- 0,28				
15,1	2,6	- 0,08				
Somme des écarts pendant les 15 périodes...						7,84
ECART MOYEN DE LA MARCHÉ DURNE : $\pm 0,10$.						
Marche moyenne pendant les 13 périodes non thermiques. — 2,46						
PÉRIODE			Ecart de la marche pendant	la 1 ^{re} période. + 0,20		
			—	2 ^e	4- 0,20	
15,2	- 2,6	- 0,02	—	3 ^e	- 0,14	
15,1	- 2,6	- 0,02	—	4 ^e	J- 0,08	
15,2	- 2,6	- 0,02	—	5 ^e	- 1- 0,02	
15,0	- 2,6	- 0,02	—	(6 ^e)	- 0,00	
15,0	- 2,7	- 0,08	—	8 ^e	0,00	
			■	10 ^e	0,00	
			—	Ue	- 0,08	
PÉRIODE			—	12 ^e	- 0,06	
			—	13 ^e	- 0,16	
15,0	- 2,8	- 0,22	—	14 ^e	- 0,12	
15,1	- 2,5	f 0,08	—	15 ^e	- 0,16	
15,0	- 2,5	h 0,08				
15,1	- 2,5	- 0,08				
15,0	2,6	- 0,02				
Somme des écarts						1,26
ECART MOYEN DE PÉRIODE A PÉRIODE : $\pm 0,10$.						
Tempérai lire moyenne pendant les périodes 7. 8. 9. 15,07						
Marche moyenne pendant ces périodes.....						
PÉRIODE			Période 7, écart de la température. -15,07, écart de la marche -0,39			
			- 8,	- 0,09,	+ 0,29	
15,0	- 2,6	! . 0,02	- 9,	: 14,97,	- - 0,11	
15,0	- 2,6	^ . 0,02				
15,0	- 2,5	o 0,19				
15,2	2,6	: 0,02				
15,0	- 2,8	- 0,18				
SOMMES : : des écarts de la température. 30,13, des écarts de la marche 0,79						
ERREUR DE COMPENSATION : V arialion de $\pm 0,026$, correspondant à $\pm 1^\circ$.						



Chronomètres de marine.

Les chronomètres de marine, renfermés dans une boîte en cuivre suspendue « à la Cardan » donnent l'heure du temps moyen ou du temps sidéral avec une grande précision. Connaissant la marche diurne du chronomètre, le navigateur peut en déduire l'heure du méridien initial avec une certitude de quelques secondes après un voyage de 2 ou 3 mois. Depuis l'envoi des signaux horaires internationaux il a un contrôle journalier de ses chronomètres.

On verra d'après le tableau des marches d'un chronomètre acheté par l'Etat à la suite des épreuves du Service Hydrographique de la Marine à Paris, sur quel degré de précision on peut compter avec le dernier type du chronomètre L. LEROY et C^e muni du balancier Guillaume.

Compteurs de marine.

Ces instruments sont des garde-temps de petit volume qui donnent les 2/5 de seconde, c'est-à-dire dont les battements sont aussi précipités que ceux d'une montre. Ils sont, pour cette raison, beaucoup moins sensibles aux secousses de la marche que les grands chronomètres de marine battant la 1 '2 seconde.

A bord, les compteurs sont employés à transporter l'heure, du pont à la chambre des chronomètres, sur tous les navires de guerre français et de plusieurs autres pays.



Chronomètres de poche.

On conserve l'heure avec une grande précision en horlogerie civile, au moyen des montres perfectionnées dont la précision a sans cesse augmenté avec les progrès du réglage. On peut dire que toutes les montres récentes marchent bien, parce que leur construction est raisonnée et conforme aux principes les plus indiscutables de la mécanique rationnelle.

Prenez une montre courante, munie d'un bon échappement, d'un balancier bien fait, copié sur un type sérieusement éprouvé, et vous constaterez de but en blanc quelle a un réglage très approché, tout au moins pendant les premières années de la marche. Il serait teméraire de dire que ce résultat heureux durera bien longtemps, car si le rouage est médiocre et les fournitures trop rudimentaires, il faudra compter avec un déréglage qui ira toujours en augmentant avec l'usure des organes de la montre ; mais si le fabricant s'attache à la qualité de son ébauche, s'il n'emploie que des fournitures de premier choix : pi-gnons, rubis, échappement, balan-cier, spiral, il arrivera beaucoup plus facilement qu'autrefois à des résultats chronométriques qui satisferont aisément les besoins du public.

Les observatoires chronométriques de BESANÇON (Doubs), de GENÈVE (Suisse), de KEW-TEDDINGTON (Angleterre) délivrent des bulletins de marche qui constituent la véritable sanction d'un chronomètre de poche.

A BESANÇON, la durée des épreuves de 1^{re} classe est de 45 jours, pendant lesquels les chronomètres sont observés dans 6 positions différentes, à 15 degrés, et aux températures extrêmes de 0 degré et 30 degrés.

On verra, en examinant le bulletin ci-après, avec quel soin sont faites les observations, et quelle confiance on peut avoir dans un chronomètre qui sort de l'Observatoire avec un bulletin de 1^{re} classe, et à plus forte raison avec un classement de médaille d'or.

On attribue à chaque épreuve un nombre de bons points, et le total permet de classer les chronomètres par ordre de mérite :

175 points pour le diplôme de médaille d'argent.

215 — — — — d'or,



Montre de Torpilleur.

<Modèle L' Urdy & Cie>

Fac-similé du bulletin de marche délivré au chronomètre de poche L. LEROY

267 points, 1

Le signe + se rapporte à

DATE	Température	MARCHE diurne		ÉCART avec la moyenne de la période	DATE	Température	MARCHE diurne		ÉCART avec la moyenne de la période
		o	s				o	s	
1^e Période, position verticale, pendant en haut									
Du 26 au 27	15,3	+ 1,6	-f 0,12		Du 17 au 18	15,5	- 4 0,3	.lour inl.	
Du 27 au 28	i.yi.	+ 1,6	4- 0,12		Du 18 au 19	15,6	0,0	4- 0,02	
Du 28 au 29	15,2	+ 1,2	- 0,28		Du 19 au 20	15,7	0,0	+ 0,02	
Du 29 au 30	15,1	+ 1,4	4- 0,08		Du 20 au 21	15,8	- 0,1	- 0,08	
Du 30 au 1 ^{er}	15,0	+ 1,6	4- 0,12		Du 21 au 22	16,0	- 1- 0,2	4 0,22	
					Du 22 au 23	16,2	- - 0,2	- 0,18	
2^e Période, position verticale, pendant à droite									
Du 1 ^{er} au 2	15,0	+ 0,8	- 0,06		Du 23 au 24	30,3	- 0,2	Jour inl.	
Du 2 au 3	15,1	+ 0,8	- 0,06		Du 24 au 25	30,2	0,4	- 0,24	
Du 3 au 4	15,1	+ 0,9	- 0,04		Du 25 au 26	30,6	0,2	0,04	
Du 4 au 5	15,1	+ 1,0	H- 0,14		Du 26 au 27	30,5	0,0	- ! 0,16	
Du 5 au 6	15,0	+ 0,8	- 0,06		Du 27 au 28	30,1	0,0	i 0,16	
					Du 28 au 29	30,2	0,2	- 0,04	
3^e Période, position verticale, pendant à gauche									
Du 6 au 7	15,1	-I- U	0,04		Du 29 au 30	17,0	+ 1,2	Jour int.	
Du 7 au 8	15,0	-I- 1,2	-!- 0,06		Du 30 au 31	17,0	4- 1,0	i 0,08	
Du 8 au 9	15,0	H- 1,0	- 0,14		Du 31 au 1 ^{er}	17,1	-f 0,9	- 0,02	
Du 9 au 10	15,0	4- 1,2	- ! 0,06		Du 1 ^{er} au 2	17,1	- 1- 0,9	- 0,02	
Du 10 au 11	15,0	-I- 1,2	- ! 0,06		Du 2 au 3	17,3	+ 1,0	- 1- 0,08	
					Du 3 au 4	15,0	1- 0,8	- 0,12	
4^e Période, position horizontale, cadran en haut (glacière)									
Du 11 au 12	0,0	- ■ 0,2	Jour inl.		Du 4 au 5	15,0	- 1- 0,7	- 0,10	
Du 12 au 13	0,0	- 0,3	- 0,10		Du 5 au 6	15,0	4- 1,0	+ 0,20	
Du 13 au 14	0,0	- 0,1	- ! 0,10		Du 6 au 7	15,1	- 1- 1,0	b 0,20	
Du 14 au 15	0,0	- 0,2	0,00		Du 7 au 8	15,0	1- 0,6	- 0,20	
Du 15 au 16	0,0	0,3	0,10		Du 8 au 9	15,0	i 0,7	- 0,10	
Du 16 au 17	0,0	0,1	1 0,10						
7- Période, position horizontale, cadran en bas									
Du 29 au 30	17,0	+ 1,2	Jour int.		Du 29 au 30	17,0	- 1- 0,7	- 0,10	
Du 30 au 31	17,0	4- 1,0	i 0,08		Du 31 au 1 ^{er}	17,1	-f 0,9	- 0,02	
Du 31 au 1 ^{er}	17,1	-f 0,9	- 0,02		Du 1 ^{er} au 2	17,1	- 1- 0,9	- 0,02	
Du 1 ^{er} au 2	17,1	- 1- 0,9	- 0,02		Du 2 au 3	17,3	+ 1,0	- 1- 0,08	
Du 2 au 3	17,3	+ 1,0	- 1- 0,08		Du 3 au 4	15,0	1- 0,8	- 0,12	
8^e Période, position verticale, pendant en haut									

1^e Valeur maximia de la marche moyenne pendant les épreuves. Période I = 1,48

Valeur maxima de l'écart moyen pour uu* même période . . Période 8 — $\frac{0,80}{5}$ = 0,16

Valeur maxima de la dill'éreiice de marche autre deux périodes non thermique?..... Périodes 1 et 5 . . . 1,50

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES ÉPREUVES

Période	Température moyenne	Position	Marche moyen	Somme des écarts
1	T _i 15,20	Verticale, pendant en haut.....	M ₁ 4- 1,48	0,72
9	T _s 15,06	Verticale, pendant à droite.....	M ₂ 4- 0,86	0,30
5	T _i 15,02	Verticale, pendant à gauche	M ₃ 4- 1,14	0,30
v	T _s 0,00	Horizontale, cadran en haut.....	M ₄ - 0,20	0,40
5	T _i 15,86	Horizontale, cadran en haut.....	M ₅ - 0,02	0,22
6	T _r 30,32	Horizontale, cadran en haut.....	M ₆ - 0,10	0,64
7	T _j 16,70	Horizontale, cadran en bas.....	M ₇ - 0,92	0,32
8	T _s 15,02	Verticale, pendant en haut.....	M ₈ - 0,80	0,80
Somme des écarts pondant les 40 jours des 8 périodes				4,12
3° Écart moyen de la marche diurne =		$\frac{4,12}{40} = \pm 0,10.$		
Marche moyenne, M _m , dos périodes 1, 2, 3, 5, 7, 8				
$M_i + M_m + M_{i+1} + M_j - M_n$				
$\frac{6}{6} = 0,86$				
Ecart de la marche, M _m , avec la marche de la 1 ^e période				
Id.	id.	2 ^{me} id.....	M ₁ - M _m	0,62
Id.	id.	3 ^{me} id.....	M ₂ - M _m	0,00
Id.	id.	5 ^{me} id.....	M ₃ - M _m	0,28
Id.	id.	7 ^{me} id.....	M ₄ - M _m	0,88
Id.	id.	8 ^{me} id.....	M ₅ - M _m	0,06
Somme des écarts				1,90
4° Écart moyen ; correspondant à un changement de position ..		$\frac{1,90}{6} = -L 0,32$		
Température moyenne, T _u , pendant les périodes 4, 5, 6				
$\frac{T_1 + T_2 + J + T_6}{3}$				
I = ,39				
Marche moyenne, M _m , pondant ces périodes.....				
$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6$				
$\frac{3}{3} = 0,13$				
Pér iod 4, Ecart de la tempér ^{IV} , — Ti — T _u = 15,39; Écart d9 la marche M _s — M _m = 0,07				
Id. f>	d.	- T _u = f:0,47; d.	M ₁ — M _m	0,11
Itl. 6,	d.	- Te — T _u = 14,93; id. = M _s — M _m		0,03
Sommes, en valeurs absolues, des écarts d la tempér ^{IV} ; des écarts de la marche.....				-0,21
.2° Erreur de compensation y =		$\frac{0,21}{30,79} = \pm 0,007$ correspondant à + 1 degré.		
\varialiou ou différente de la marche entre les deux plats				
Périodes 5 et 7				
0,94				
2° Variation ou différence de marche moyenne du plat au pendu.		$Période \times \frac{1+8}{2} = 5 = -h 1,16$		
6° Reprise de marche 3 ou différence de marche moyenne entre les périodes extrêmes.....				
Périodes 8 — 1				
-0,68				

250 points au moins pour concourir à la Coupe Chronométrique, décernée chaque année au meilleur chronomètre classé.

La perfection serait représentée par un bulletin de 300 points.

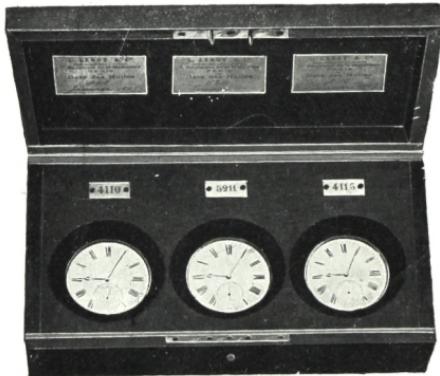
Le chiffre de 267 points n'a jamais été dépassé par aucun concurrent.

Un chronomètre qui varie de quelques centièmes de seconde par jour pendant les épreuves de l'Observatoire, peut très bien varier d'une seconde ou deux, dans la poche. Il faut compter avec les secousses du porté et les habitudes de chaque personne.

On peut dire cependant qu'un chronomètre ayant obtenu au moins 200 points à l'Observatoire ne doit pas varier de plus de 30 secondes à 45 secondes par mois, et encore ce n'est pas une variation, c'est une marche *diurne* de 1 seconde à 1¹/₂ par jour, car le mot variation est impropre dans la circonstance; un instrument qui avance tous les jours d'une seconde, exactement, n'a pas de variation, il a une marche diurne *d'une seconde*. La variation n'existe que si la marche diurne est tantôt de + 1¹/₂ et tantôt — 1¹/₂.

Les chronomètres de poche munis de l'échappement à ancre et construits avec des éléments de toute première qualité peuvent, dans certains cas, remplacer les chronomètres de marine qui sont plus difficilement transportables.

A bord des torpilleurs et des sous-marins, une montre de ce genre est réglementaire. On s'en sert aussi avec avantage dans les missions géodésiques pour le transport de l'heure, et dans ce cas, on garde l'heure au moyen de 3 montres au moins.



Une équipe de trois Montres-Torpilleurs pour Explorateurs



Imprimerie j :: ::
:: C. PAILHÉ ::
7, rue Darcct, Paris

CONCLUSION

Les divers instruments horaires actuellement en usage donnent des écarts de marche qu'on peut estimer de la manière suivante :

Pendules astronomiques à température et à pression constantes.....	0°01 par 24 heures
Pendules astronomiques à air libre, en tenant compte du coefficience de changement de pression atmosphérique .	0°10 —
Pendules électriques à 1/2 seconde.....	0°50 —
Chronomètres de marine.....	0°10.
Compteurs de marine.....	0°20 —
Chronomètres de poche et Montres-Torpilleurs avec bul- letin de 1 ^{re} classe de l'Observatoire de BESANÇON .	0°25 à 0°50
Chronographes dédoublants et rattrapants avec bulletin de 1 ^{re} classe de l'Observatoire de BESANÇON.....	0°50 à 0°75

Le contrôle des instruments horaires est assuré par les signaux horaires de l'Observatoire de PARIS et lancés par la Tour Eiffel avec une précision de 1/10 de seconde.

Chacun peut donc connaître l'heure qu'il est!

Imprimerie : :: :: ::
:: C. PAILHE ::
7, rue Darcet. Paris

