

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 8 (1926)

Artikel: Montres oscillantes
Autor: Jaquerod, A. / Mügeli, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-742377>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

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

MONTRES OSCILLANTES

PAR

A. JAQUEROD et H. MÜGELI

(Avec 4 fig.)

Tous les horlogers savent, ou du moins devraient savoir, que lorsqu'on suspend une montre à un clou de façon qu'elle ne soit pas gênée par le frottement, elle se met à osciller, et que de ce fait sa marche est plus ou moins modifiée. L'étude mécanique de ce phénomène a déjà préoccupé plusieurs physiciens ou astronomes; nous citerons en particulier les travaux de W. Thomson¹ (Lord Kelvin) et de J.-J. Schaw².

Dans ses grandes lignes, le problème se pose de la façon suivante: la montre suspendue, dont nous supposons le balancier arrêté, constitue un pendule physique de période propre d'oscillation T' , dépendant des dimensions de la montre et de la position de l'axe de suspension. D'un autre côté, la montre étant immobilisée et en marche, son balancier possède une période T de 0,4 sec. en général (nous parlons toujours de la durée d'oscillation complète).

Lorsqu'une montre en marche peut osciller, les deux systèmes dont nous venons de parler sont couplés par l'intermédiaire du ressort spiral, et l'oscillation de l'un des systèmes tend à provoquer celle du second. Le mouvement du balancier étant

¹ W. THOMSON, *Inst. of Eng. in Scotland, Trans.* 10, p. 139 (1867). Popular Lectures II, p. 360.

² J.-J. SCHAW, *Monthly Notices of the R. Astr. Soc.* 75, p. 583 (1915); résumé dans *L'Horloger*, 19, p. 45 (1923) et dans le *J. S. d'Horlogerie* 48, p. 105 (1923).

entretenu par le mécanisme de l'échappement, la montre est sollicitée d'osciller et ce mouvement réagit sur celui du balancier, modifiant la période T et par conséquent la marche de la montre.

Une observation immédiate met en évidence deux phases bien distinctes du phénomène. Durant la première, la montre oscille avec une amplitude périodiquement variable; il se produit un *battement* entre les deux périodes T et T' . Au bout d'un temps plus ou moins considérable, qui dépend surtout des amortissements toujours présents, il s'établit un régime et l'amplitude des oscillations devient constante. La période de l'ensemble est alors la même que celle du balancier, qui n'a plus la valeur normale; il y a *vibration forcée*. Nous ne nous occuperons par la suite que de cette seconde phase. Dans l'exposé ci-dessous, nous présenterons une étude expérimentale de la question, réservant à plus tard une analyse mathématique dont nous ne possédons pas encore tous les éléments et qui se révèle d'ailleurs assez délicate.

Afin d'étudier systématiquement le phénomène, il convient de faire varier à volonté la période d'oscillation T' de la montre, et cela dans des limites aussi larges que possible.

La période T du balancier est imposée par construction; il serait délicat d'agir sur elle. Lord Kelvin et J.-J. Schaw, précédemment cités, ont modifié la période T' en suspendant la montre de diverses façons ou en la surchargeant de manière à augmenter son moment d'inertie. Mais il est impossible, dans ces conditions, d'imposer à T' des valeurs soit très grandes soit surtout très petites. Nous avons utilisé une méthode simple qui permet de réaliser ces desiderata.

L'appareil se compose (fig. 1) d'un fil d'acier, fixé à son extrémité par une pince, dont on peut faire varier la longueur depuis zéro jusqu'à un mètre environ. Ce fil supporte un plateau horizontal recouvert de drap sur lequel on pose la montre, en ayant soin de la centrer aussi exactement que possible. Le tout constitue donc un pendule de torsion dont la période T' dépend du moment d'inertie de l'équipage mobile, des dimensions du fil et de son module d'élasticité.

La théorie du pendule de torsion fait voir immédiatement que cette période T' est proportionnelle à $\sqrt{L}$, L étant la longueur

utile du fil d'acier. Nous avons commencé par déterminer la proportionnalité entre T' et $\sqrt{L}$. Dans ce but, la montre étant arrêtée et son balancier calé au moyen de petits fragments de papier de soie, nous avons fait osciller le système en donnant diverses longueurs au fil et en déterminant dans chaque cas la période. Nous utilisons pour cela des mouvements assez lents pour pouvoir compter facilement les oscillations durant un

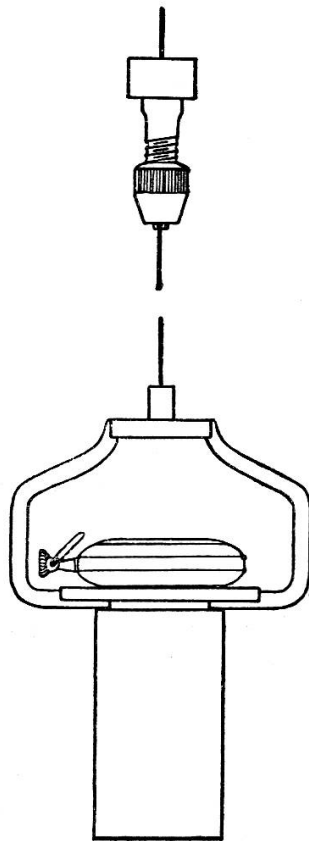


Fig. 1.

temps donné. Les résultats de ces mesures ont été portés sur un graphique en prenant comme ordonnées les périodes T' et comme abscisses $\sqrt{L}$. Les points sont tombés sur une ligne très droite qui, prolongée, ne passe pas exactement par l'origine des axes, c'est-à-dire que pour $L = 0$, T' n'est pas nul mais vaut 0,009 sec. Cela provient de ce que le plateau est fixé au fil par l'intermédiaire de trois bras métalliques non absolument rigides, qui permettent une oscillation de très petite période;

peut-être aussi de ce que la pince ne serre pas le fil exactement par l'extrémité de la mâchoire; il est probable que ces deux causes agissent simultanément.

On détermine la période du balancier, modifiée par les oscillations d'ensemble, en observant à la manière ordinaire la marche de la montre. Lorsque le fil de suspension est très court, ou très long, le changement de marche est minime et exige un jour entier, même plusieurs jours, pour être déterminé avec précision. Lorsqu'au contraire on se trouve au voisinage de la résonance, c'est-à-dire lorsque T' est voisin de 0,4 sec., ce qui dans notre cas se produisait pour une longueur de fil égale à environ 183 mm, la marche de la montre est modifiée de façon très considérable pouvant dépasser un quart d'heure par jour; une durée d'observation de 20 à 30 min. est alors suffisante.

Comme on le verra, les causes d'amortissement agissent fortement sur le phénomène. Il y a de nouveau deux amortissements à considérer: celui auquel est soumis le balancier, qui dépend de la résistance de l'air et des autres frottements agissant sur cet organe; il serait très difficile de le modifier de façon notable. Puis l'amortissement auquel est soumis le système d'ensemble, dû à la résistance de l'air et au frottement intérieur du fil de suspension, sur lequel nous avons agi de la façon suivante. Un tube cylindrique en laiton (fig. 1), d'environ 3 cm de diamètre et 10 cm de longueur, est soudé au plateau mobile et participe aux oscillations de torsion. En plongeant ce cylindre plus ou moins profondément dans un liquide visqueux (eau, huile, etc.), il était facile de modifier considérablement l'amortissement. Pour en déterminer la valeur dans chaque cas particulier, une aiguille très légère en paille était posée sur le plateau; son extrémité se déplaçait sur une règle divisée en millimètres; on notait les amplitudes à différents instants.

Le moment d'inertie du système oscillant (plateau et montre) a été déterminé par la méthode de Gauss, en observant successivement, pour une longueur de fil donnée, les périodes d'oscillation avec et sans la surcharge d'un disque en laiton soigneusement tourné, de moment d'inertie connu.

Les observations ont porté d'une part sur les variations d'am-

plitude des oscillations forcées de la montre en fonction de la période propre T' , et cela pour différents amortissements; d'autre part, sur la variation de la marche de la montre, donc de la période T du balancier, en fonction de la période T' de l'ensemble.

*A. Variations de l'amplitude des oscillations avec T' ;
courbe de résonance.*

Par l'étude générale des vibrations forcées, on sait que lorsqu'on impose à un système de période T' une oscillation de période T , l'amplitude des oscillations passe par un maximum qui a lieu à peu près lorsque $T = T'$, et cela d'autant plus près que les amortissements sont plus faibles. La courbe représentative passe donc par un maximum très accentué au moment de la résonance. Le phénomène qui nous occupe présente l'allure en question de façon tout à fait classique.

La détermination de l'amplitude a été faite, comme il est dit plus haut à propos de l'amortissement, en observant les déplacements d'une très légère aiguille, fixée à l'équipage mobile, sur une règle millimétrique, et cela pour différentes longueurs du fil de suspension, par conséquent pour différentes valeurs de T' ; sur la fig. 2, ces amplitudes, mesurées à partir de la position d'équilibre, sont exprimées en degrés.

Nous avons opéré avec trois amortissements différents, soit avec l'amortissement naturel dû à l'air et au frottement intérieur du fil de suspension; puis en plongeant le cylindre de 6 cm et 7,5 cm dans de l'huile « Autol » très visqueuse.

La fig. 2 représente les résultats et dispense, nous semble-t-il, de donner des tableaux numériques. On voit très nettement que, conformément à la théorie, la courbe de résonance s'émousse de plus en plus à mesure que croît l'amortissement. Le maximum d'amplitude se produit, avec l'amortissement minimum, sensiblement lorsque $T = T'$; le déplacement du maximum ne devient sensible que pour des amortissements considérables, pour lesquels d'ailleurs les observations sont de moins en moins précises. Avec l'amortissement le plus fort que nous ayons

utilisé, l'amplitude maximum n'était déjà plus que d'un degré, par conséquent difficile à déterminer avec précision. On aurait

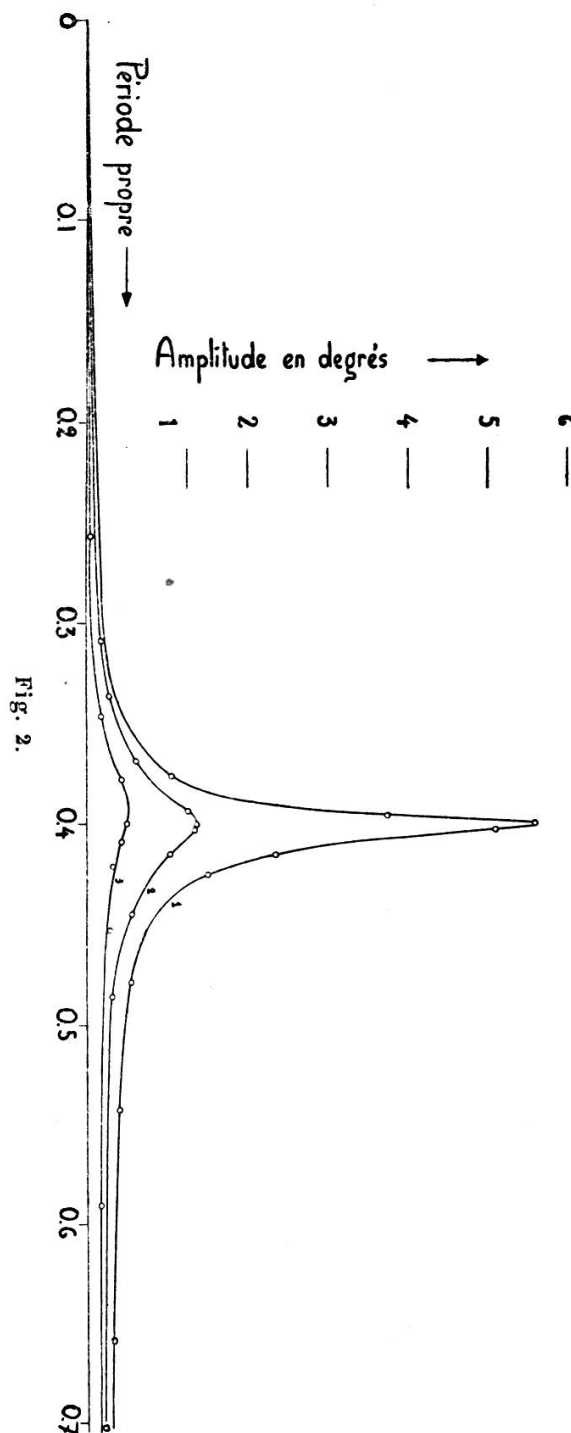


Fig. 2.

pu, cela va sans dire, pousser l'étude plus loin en utilisant la méthode de Poggendorff, au moyen d'un miroir fixé au plateau

mobile; il ne nous a pas paru que cela présentât un grand intérêt, les trois courbes obtenues suffisant amplement à préciser le phénomène.

B. Influence des oscillations sur la période T du balancier, donc sur la marche de la montre.

L'étude de cas similaires, sinon absolument comparables, permet de prévoir dans ses grandes lignes l'allure de cette influence.

Supposons tout d'abord nulle la période T' , c'est-à-dire la montre rigidement fixée; sa marche est normale, la période T du balancier est celle qui lui est imposée par construction, soit 0,4 sec. Si l'on fait croître la longueur du fil, la période T' de l'ensemble est tout d'abord de beaucoup inférieure à T ; l'oscillation forcée est, comme nous venons de le voir, de très faible amplitude; de plus, les deux mouvements oscillatoires s'effectuent à peu près en concordance de phase; la différence de phase, si l'on préfère, est voisine de zéro. Dans ces conditions, la période T du balancier est augmentée; la montre retarde.

La longueur du fil continuant à augmenter, T' se rapproche de T ; on se rapproche de la résonance, le retard de la montre croît et cela jusqu'à une valeur très considérable pour de faibles amortissements. Dans le cas observé, le retard le plus fort était d'environ 15 minutes et demie par jour.

Si l'on dépasse la résonance, c'est-à-dire si T' devient plus grand que T , le phénomène s'inverse en quelque sorte. La différence de phase passe brusquement de zéro à une valeur voisine de π . Le balancier et la montre oscillent donc à très peu près en opposition de phase; la période T du balancier est fortement *diminuée*, la montre avance. La plus forte avance que nous ayons observée était de 18 min. 24 sec. par jour.

Puis L continuant de croître, T' s'écarte de plus en plus de T en lui restant supérieur, et la période T se rapproche de la valeur normale.

Il va sans dire que l'on ne peut pas, au moyen du dispositif employé, poursuivre l'étude de la courbe de variation jusqu'à

$T' = \infty$, ce qui supposerait infinie la longueur du fil de suspension; nous avons tourné la difficulté de la façon suivante. Dire que la période T' est infinie revient à dire que l'équipage mobile (montre et son support) n'est assujéti à aucun couple directeur, qu'il est par conséquent libre de tourner en n'étant soumis qu'à des frottements. Nous avons réalisé ces conditions en construisant (fig. 3) un petit plateau horizontal fixé sur un arbre vertical, en acier, dont l'extrémité inférieure, terminée par une pointe aiguë, repose sur une chape d'acier trempé. Un anneau soutenu par trois pieds maintient l'axe vertical.

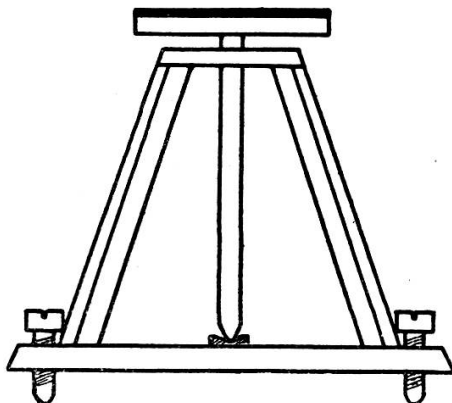


Fig. 3.

Si l'on pose la montre en marche sur cet appareil, elle effectue des oscillations forcées. La différence de phase est encore voisine de π et provoque une avance. Comme l'amplitude des oscillations est faible, cette avance, dans les cas étudiés, est de l'ordre de 30 secondes par jour. Elle fournit donc la valeur de T pour $T' = \infty$.

Les mesures, dont rend compte la courbe 1 de la fig. 4, corroborent absolument ces prévisions générales; les marches de la montre sont portées en ordonnées (les avances étant comptées comme positives et les retards comme négatifs), et les valeurs de T' , soit de la période d'oscillation de l'ensemble, en abscisses.

La courbe part de zéro pour $T' = 0$; puis le retard devient sensible, T' allant en augmentant, jusqu'à la valeur maximum dont nous avons parlé.

Brusquement, pour une très faible variation de T' , la marche

saute d'un retard considérable à une avance énorme, puis décroît progressivement en tendant asymptotiquement non vers zéro, mais vers la valeur limite de 29 sec. qui correspond à $T' = \infty$, soit au cas où la montre est placée sur le plateau tournant.

On est frappé de la discontinuité que présente la courbe au passage par la résonance. Nous avons cherché, mais en vain, à obtenir des points intermédiaires. Quelles que soient les précautions prises lorsque T' augmente très lentement, on passe brusquement, de façon absolument discontinue, d'un retard considérable à une avance également très forte, ou vice-versa. Nous avons par exemple tenté de faire varier très lentement T' dans le voisinage de la résonance, en maintenant constante la longueur du fil et en agissant sur le moment d'inertie du système. Pour cela, nous posions sur l'équipage des disques métalliques, des pièces de monnaie par exemple, dont le moment d'inertie était très petit vis-à-vis de celui de l'ensemble. Toujours, à un moment donné, la discontinuité se manifestait et l'on peut constater ainsi ce fait curieux qu'une pièce de 5 cts. de nickel, posée sur la montre en observation, suffit à faire passer sa marche d'une avance de 15 min. à un retard de 20 min. environ, soit à modifier cette marche de plus d'une demi-heure par jour.

Nous avons aussi essayé de faire varier T' en chauffant progressivement le fil, mais là encore un échauffement correspondant à une augmentation de longueur bien inférieure au dixième de millimètre et à une très faible variation du module d'élasticité, provoquait la discontinuité.

On observe même, en faisant varier très progressivement la période d'ensemble T' , qu'il est possible de *dépasser* la discontinuité dans un sens ou dans l'autre sans que la variation correspondante de marche se produise. Si, par exemple, on se trouve très légèrement au dessous de la discontinuité, c'est-à-dire si T' est légèrement inférieur à 0,4 sec., en chauffant le fil, on peut porter T' à une valeur supérieure à 0,4 sec., la montre continuera de retarder de façon considérable, la différence de phase entre le balancier et la montre étant voisine de zéro. Le régime est alors instable et la moindre perturbation suffit à ramener la marche à la valeur correspondant à la courbe,

donc à provoquer l'avance; en touchant par exemple un instant du doigt le plateau oscillant, on provoque le passage en question.

Lorsqu'on augmente l'amortissement, l'influence sur la marche diminue progressivement comme on doit s'y attendre. Si l'amortissement devenait infini, en effet, la montre serait immobilisée; sa marche ne cesserait par suite d'être normale pour toute longueur du fil.

Nous avons opéré avec les deux amortissements dont il est question dans le chapitre précédent; les courbes 2 et 3 de la figure 4 représentent les résultats des mesures. On remarque sur ces deux courbes que l'effet s'émousse de plus en plus, comme c'est le cas pour les courbes d'amplitude, à mesure que croît l'amortissement. De plus, la discontinuité disparaît, et l'on obtient des marches constantes et bien déterminées pour n'importe quelles valeurs de T' .

Les courbes 2 et 3 coupent l'axe horizontal en des points qui s'éloignent de plus en plus de 0,4 sec., ce qui signifie qu'avec des amortissements croissants, la marche devient nulle (la montre marche correctement) lorsque la période T' de l'ensemble passe non par la valeur T de la période du balancier pour la montre immobile, mais par des valeurs de plus en plus grandes.

Les trois tableaux qui suivent donnent les résultats expérimentaux qui sont traduits par les courbes de la fig. 4. Le chronomètre de bord sur lequel ont porté les observations, mis aimablement à notre disposition par la maison des Longines, était déréglé en vue d'une autre étude et présentait, au plat fixe, une avance d'environ 617 sec. par jour, correspondant à une période du balancier de 0,39716 sec. au lieu de 0,4 sec.

Pour simplifier les tableaux, les marches ont été réduites à ce qu'elles auraient été si la montre avait été réglée normalement.

L = Longueur, en mm, du fil de torsion.

T' = Période propre de l'équipage mobile.

M = Marche en sec. par jour; + avance, — retard.

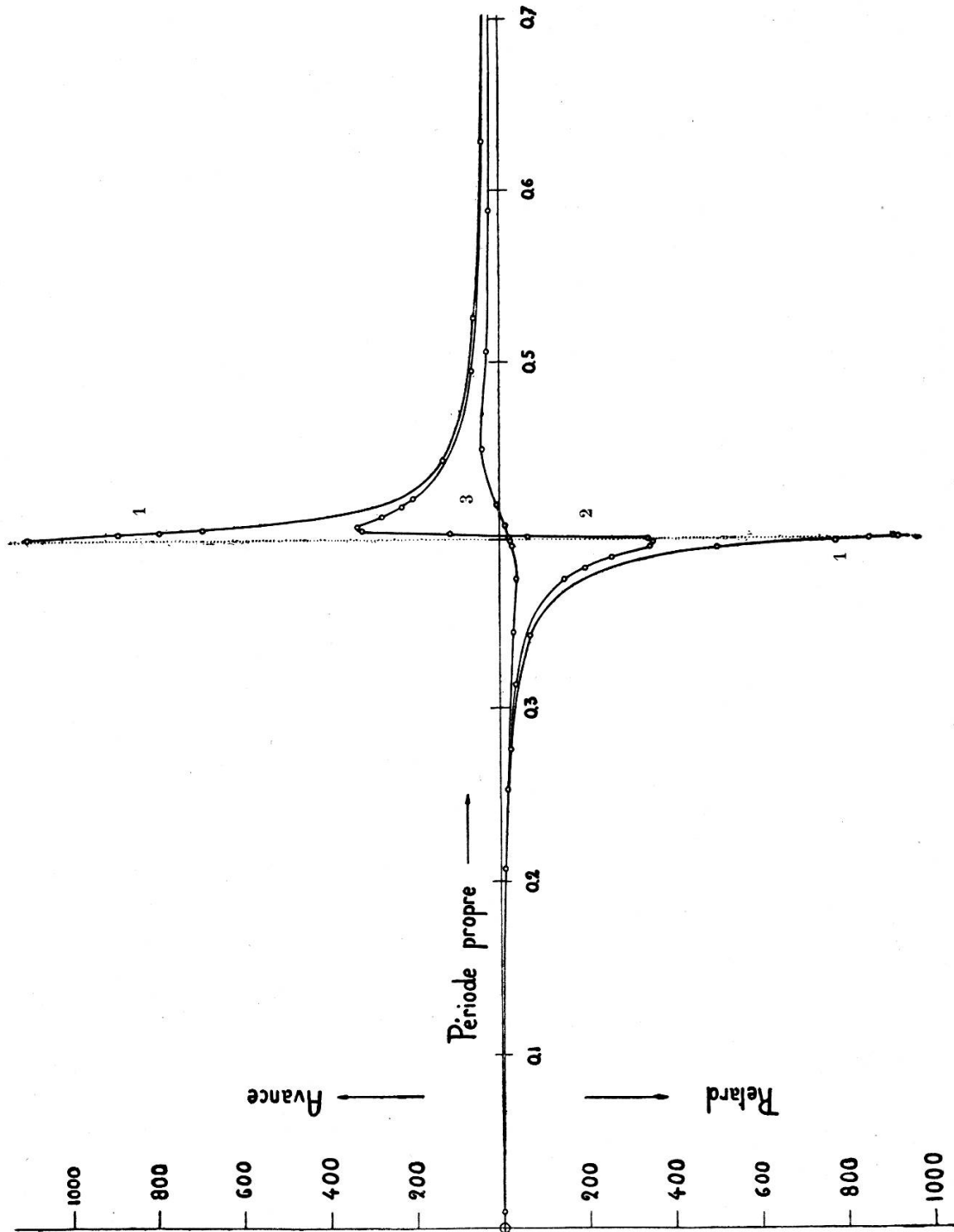


Fig. 4.

TABLEAU I

Amortissement naturel (courbe 1, fig. 4)

L	T'	M
—	0	0
0	0.009	— 1.0
46.8	0.207	— 9.6
86.5	0.276	— 23.9
134.0	0.342	— 70.1
177.5	0.3925	— 508.5
181.0	0.3954	— 785.1
182.0	0.3974	— 863.1
182.5	0.3980	— 931.5
182.8	0.3983	— 920.6
183.0	0.3985	+ 1103.9
185.4	0.4010	+ 888.9
186.3	0.402	+ 794.9
187.7	0.4034	+ 692.9
228.2	0.443	+ 130.4
322.0	0.526	+ 59.0
509.5	0.629	+ 39.5
742.0	0.794	+ 33.6
∞	∞	+ 29.5

TABLEAU II

Amortissement a (courbe 2, fig. 4)

L	T'	M
—	0	0
100.0	0.3136	— 36.4
144.0	0.3747	— 151.4
149.0	0.3810	— 199.4
154.0	0.3874	— 261.2
159.0	0.3934	— 350.4
161.5	0.3963	— 357.4
162.5	0.3980	— 346.4
164.0	0.3994	— 65.4
165.4	0.4010	+ 115.6
167.5	0.4028	+ 321.6
169.0	0.4050	+ 332.6
174.0	0.4106	+ 274.6
179.0	0.4165	+ 228.6
182.9	0.4212	+ 201.6
255.1	0.4954	+ 65.2
630.0	0.7760	+ 27.6

TABLEAU III

Amortissement b (courbe 3, fig. 4)

L	T'	M
—	0	0
64	0.253	— 14.0
121	0.344	— 30
144	0.375	— 37
160	0.394	— 27
162	0.397	— 23
164	0.399	— 21
170	0.406	— 11
180	0.418	+ 8
209.6	0.450	+ 42
266	0.506	+ 26
360	0.5885	+ 25

Applications.

Il est facile maintenant de se rendre compte de ce qui se passe dans le cas, cité au début de ce travail, de la montre suspendue à un clou et libre d'osciller. Le pendule physique qu'elle constitue a une certaine période d'oscillation T' qu'on peut déterminer en calant le balancier. Cette période T' peut être plus petite ou plus grande que la période normale du balancier, ou même lui être égale. Pour une montre de très petit calibre par exemple, pour une montre de dame, $T' < T$. Pour une montre d'homme au contraire, et à plus forte raison pour un chronomètre de bord, $T' > T$.

Si la montre marche, des oscillations se produisent, d'autant plus grandes que T' est plus voisin de T , et en général très visibles. La montre retarde si la période propre T' est plus petite que celle du balancier; elle avance dans le cas contraire.

Nous avons vérifié la chose avec trois montres qui rentreraient dans le second cas. Pour diminuer les frottements, on les suspendait par leur anneau, non à un clou, mais à un petit couteau d'acier à arête horizontale.

Voici les résultats obtenus ¹:

¹ Pour le dire en passant, ce phénomène offre un moyen très pratique de remettre à l'heure sa montre sans toucher au remontoir;

Montre	T'	Marche au pendu		différence
		fixe	libre	
1 ^{er} chronomètre de bord	0.518	A618.7 sec.	A636.0 sec.	+ 17.3 sec.
2 ^{me} chronomètre de bord	0.518	R 3.4 »	A16.5 »	+ 19.9 »
Chronomètre de poche	0.443	A 7.3 »	A31.3 »	+ 24.0 »

Le cas qui vient d'être cité n'est pas le seul susceptible de provoquer une variation de la marche. Chaque fois en effet qu'une montre ne sera pas fixée de façon absolue, l'oscillation du balancier provoquera des oscillations forcées de la montre, parfois visibles, le plus souvent invisibles, qui se traduiront par une variation de marche; cette variation sera observable sur les chronomètres de précision. Suivant le genre de fixation imparfaite, on constatera un retard ou une avance conformément aux remarques générales qui précèdent.

Nous avons réussi à mettre ces variations en évidence dans quelques cas typiques:

1^o La montre est posée horizontalement sur un bouchon de caoutchouc placé sur une table. Dans ce cas le couple d'orientation dû à l'élasticité du caoutchouc est considérable et provoquerait, par conséquent, des oscillations libres de petite période. Ces conditions sont analogues à celles du paragraphe B, lorsque le fil de suspension est très court, et l'on doit s'attendre à un faible retard.

Un chronomètre de bord des Longines avait au plat, lorsqu'il était soigneusement immobilisé, une marche très régulière correspondant à un retard de 4,8 sec. par jour en moyenne. Placé sur un bouchon de caoutchouc en forme de cône tronqué de 34 mm de hauteur, de 33 mm de diamètre à la base et 28 mm au sommet, le retard a été porté à 5,4 sec. par jour, soit un retard relatif de 0,6 sec. par jour.

on détermine son avance lorsqu'elle est accrochée à un clou; soit 24 sec. par jour par exemple, ou 1 sec. par heure. Lorsqu'elle retarde de 10 sec., on la suspend le soir au lieu de la poser sur la table; le lendemain matin elle est « à l'heure ». Si la montre présente une tendance à l'avance, il est facile de confectionner un pendule de torsion qui donne la correction voulue.

Un autre chronomètre de bord de la même maison a donné dans des conditions à peu près identiques (bouchon de caoutchou légèrement plus petit, hauteur 25 mm), un retard relatif de 0,7 sec. par jour.

Un chronomètre de marine Nardin présentait une avance de 1,30 sec. par jour qui s'est trouvée réduite à 0,76 sec. lorsqu'il fut placé sur trois petits bouchons en caoutchouc d'environ 7 mm de hauteur et 8 mm de diamètre, ce qui correspond à un retard relatif de 0,54 sec. par jour.

2° Une montre posée sur un tapis de moquette à poils longs et raides se trouve à peu près dans les mêmes conditions que ci-dessus, et l'on doit aussi s'attendre à un retard. Remarquons cependant que si la cuvette est à fond plat, elle reposera sur toute sa surface et que les mouvements qui se produiront seront insignifiants. Pour mettre l'effet en évidence, nous avons placé sous le tapis un morceau de bois en forme de calotte sphérique, de façon que le fond de la montre ne soit en contact avec la moquette que dans le voisinage du centre. Le chronomètre de bord utilisé plus haut avait un retard de 5,15 sec. par jour, moyenne des déterminations faites avant et après les expériences. Sur la moquette surélevée, le retard a été porté à 6,4 sec., soit une augmentation de 1,25 sec., assez notable. Sur la même moquette, mais à plat sur une table, la marche fut de 5,5 sec., ce qui correspond à un retard relatif de 0,35 sec. par jour, presque à la limite de précision que l'on peut espérer.

3° Une montre à fond légèrement convexe est posée sur une plaque de marbre; elle peut tourner autour du point de contact sans couple directeur. On doit s'attendre à une avance, car on se trouve dans les mêmes conditions que celles qui sont réalisées en posant la montre sur un disque mobile (§ B). Il faut remarquer cependant que le frottement sera toujours considérable et l'effet très faible.

Il peut arriver pourtant qu'un grain de poussière s'interpose entre le marbre et la montre, formant en quelque sorte pivot, en facilitant les oscillations et augmentant notablement l'effet; les oscillations de la montre sont alors visibles à l'œil nu.

Voici à titre d'exemple les marches en secondes par jour d'un chronomètre de poche placé dans ces conditions:

Marche au plat fixe: —4.2 —4.2 —4.4 —4.4 —4.7; moyenne —4.4.

Marche sur plaque de marbre: —3.9 —4.1 —3.7 —3.0; moyenne —3.7

Marche au plat fixe: —4.6 —4.3 —4.4; moyenne: —4.4

La différence entre l'immobilité complète de la montre et sa marche sur une plaque de marbre correspond donc à une avance relative de 0,7 sec. encore mesurable, quoique faible. On remarquera que, sur le marbre, la montre a une marche moins régulière que lorsqu'elle est fixée .

On pourrait multiplier les exemples; ceux que nous venons de citer suffisent, pensons-nous, à montrer comment le phénomène des vibrations forcées peut jouer un rôle en pratique et l'importance qu'il y a, lorsqu'on étudie la marche d'une montre, ou qu'on l'utilise pour des mesures de précision, à s'assurer qu'elle est fixée de façon parfaite.

Le cas dont il a été question récemment¹ de montres portées par des mécaniciens et dont la marche varie avec la vitesse du train, n'est certainement pas sans analogie avec ceux que nous avons traités. Nous aurons peut-être bientôt l'occasion d'y revenir.

Université de Neuchâtel, mars 1926.

¹ L. REVERCHON, « Vitesse et précision », *Journ. S. d'Horlogerie*, 50, p. 203 (1925); Hans WEHRLI, *ibid.*, p. 223.