Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Band: 11 (1876-1879)

Artikel: Sur l'influence de la pression de l'air ou de la hauteur barométrique sur la marche d'une pendule

Autor: Hipp

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88113

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 15.07.2025

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

SUR L'INFLUENCE DE LA PRESSION DE L'AIR

ou de la hauteur barométrique

sur la marche d'une pendule.

Il a été constaté que la marche d'une pendule est influencée par la densité plus ou moins grande de l'air dans lequel elle se meut; cependant cette variation de la marche d'une pendule est si faible, qu'il faut déjà un régulateur de tout premier ordre pour la reconnaître. Et, chose curieuse, il arrive même que telle pendule retarde sous l'influence d'une plus forte pression de l'air pendant que telle autre avance au contraire par suite de la même influence.

Les différents moyens que l'on a proposés pour compenser cette influence barométrique, réussissent plus ou moins quand ils sont mis en pratique.

Plusieurs astronomes ont soutenu l'opinion que la plus ou moins grande densité de l'air n'influence pas directement la vitesse du pendule, mais seulement l'étendue de son arc d'oscillation. Il s'ensuit donc que ce n'est pas la densité variable de l'air qui cause l'accélération ou le ralentissement de la pendule, mais que ces variations de marche sont dues à un effet secondaire, c'est-à-dire aux changements de l'arc d'oscillation. Cela expliquerait parfaitement le fait que telle pendule avance pendant que telle autre retarde sous la même

influence. Car nous savons, grâce aux expériences ingénieuses de Winner et Longier, que le ressort de suspension, suivant sa longueur et son épaisseur, peut être combiné avec le poids de la lentille d'une pendule, de manière à produire l'isochronisme ; nous ajoutons de notre part que l'échappement peut aussi produire un effet semblable.

En admettant ainsi que la pression de l'air influe sur l'arc d'oscillation et que cette influence peut expliquer la variation de la marche d'une pendule, nous pouvons nous demander s'il est légitime d'en conclure que la densité de l'air n'exerce aucune autre influence que celle de faire varier l'étendue de l'arc d'oscillation, ou si la supposition est permise, que non-seulement la variation de l'amplitude, mais aussi la variation de densité de l'air influence directement la vitesse, de sorte que les faits observés s'expliqueraient par la combinaison de ces deux influences.

J'ai cherché à éclaircir cette question par la voie d'expérimentation. Nous savons que, dans l'air raréfié, un pendule ou balancier fait une oscillation plus grande que dans l'air dense ; si donc nous faisions marcher le pendule dans l'air raréfié et ensuite dans l'air comprimé, nous aurions un moyen efficace d'évaluer l'effet produit.

L'exécution d'une telle expérience offre cependant tant de difficultés, que je me suis trouvé dans le cas d'y renoncer et de chercher un autre moyen, d'une exécution plus facile et peut-être même plus concluante que celui de faire marcher le pendule sous différentes pressions d'air.

Mes expériences me font croire que la résistance présentée par l'eau au mouvement d'un corps quelconque qui s'y meut, suit les mêmes lois que celle exercée par l'air sur un corps en mouvement ; ainsi, en faisant marcher le pendule premièrement dans l'eau et ensuite dans l'air, nous aurions là des cas extrêmes, attendu que la densité de l'eau dépasse d'environ 773 fois celle de l'air, et nous pourrions ainsi étudier avec la plus grande facilité l'influence de la densité du milieu ambiant sur la marche d'un pendule.

La difficulté de plonger le pendule tout entier dans l'eau peut être tournée en ne faisant marcher dans le liquide qu'une portion quelconque de ce pendule, dont l'immersion plus ou moins profonde produit juste l'effet désiré sur l'étendue de l'arc d'oscillation.

C'est d'après ce principe que j'ai disposé le pendule de mon régulateur qui se trouve à l'hôtel de ville et qui fait marcher les horloges électriques de la ville.

Ce pendule se termine par une pointe en acier, destinée à indiquer sur une échelle les degrés de l'arc qu'elle décrit. C'est cette pointe qui devait marcher dans l'eau, et le godet qui la contenait était construit de manière à pouvoir être monté ou descendu à volonté, afin que la pointe d'acier pût s'y enfoncer plus ou moins suivant les besoins de l'expérience. Cependant, comme l'expérience devait durer plusieurs semaines et que l'eau, à cause de son évaporation et, par conséquent, de la diminution de sa hauteur, me semblait offrir des inconvénients, je l'ai remplacée par la glycérine qui, en effet, n'a pas subi d'altération pendant toute la durée des expériences.

Et voici maintenant les résultats qui, je l'avoue, ont été tout autres que je ne le supposais.

Pour ceux qui ne connaissent pas l'organisation du réglage des horloges électriques à Neuchâtel, je dois ajouter que chaque jour, à 1 heure, un signal électrique venant de l'Observatoire fait décrocher une horloge de coïncidence qui permet d'évaluer, à un soixantième de seconde près, l'erreur du régulateur qui est alors mis à l'heure chaque jour par le moyen de pendules auxiliaires dont l'un sert à avancer, l'autre à faire retarder le régulateur. Ces pendules sont réglés de manière à produire en marchant pendant une minute avec le pendule à seconde, une différence d'une seconde; si par exemple, la pendule de coïncidence indique un retard du régulateur de $^{18}/_{60}$ de seconde, on fait jouer le premier pendule auxiliaire pendant 18 secondes et la correction de $^{18}/_{60}$ de seconde est opérée.

Revenons maintenant à notre sujet.

L'amplitude totale de l'arc décrit par le pendule du régulateur était dans l'air de 2 degrés et 54 minutes. Ensuite, après avoir plongé la pointe dans la glycérine, de $^{3}/_{4}$ de millimètre environ, l'amplitude d'oscillation a diminué jusqu'à 2^{0},6', ce qui fait une différence de 48 minutes d'arc. Lorsque j'ai essayé de plonger davantage la pointe dans la glycérine, le pendule s'est arrêté.

Du 11 au 18 janvier, soit 8 jours, la marche moyenne du régulateur (la pointe traînant dans la glycérine) indiquait un retard de 0,4 *sec.* en 24 heures, et du 19 au 26 janvier, aussi 8 jours, l'expérience ayant été faite sans glycérine et l'amplitude étant revenue à sa valeur primitive de 2^{0},54', le retard était de 0,24 *sec.*

J'avoue que j'ai été étonné de trouver une influence aussi peu sensible sur la marche d'un pendule dont la pointe traîne, non pas dans l'eau, mais dans une substance huileuse telle que la glycérine.

Que peut-on maintenant conclure de cette expérience ?

Il me semble en résulter qu'une différence de pression d'air, telle que les variations du baromètre la comportent, et qui est loin de produire sur l'amplitude d'un pendule un effet comparable à celui que nous venons de citer, ne saurait avoir sur la marche d'une pendule une influence assez importante pour engager les horlogers à corriger ce défaut par un moyen barométrique comme on a souvent essayé de le faire.

Si l'on admet, ce qui n'est pas encore prouvé définitivement, que l'effet produit par un milieu plus ou moins dense sur le pendule, ne se traduit que par un changement de l'arc d'oscillation, tout procédé qui voudrait corriger cette influence serait inutile, car le ressort de suspension, par un changement de sa longueur et de son épaisseur, peut corriger un défaut beaucoup plus grand que celui occasionné par la hauteur du baromètre.

Tout en insistant sur le résultat de l'expérience citée et les conséquences qu'on peut en déduire, je ne prétends pas qu'elle suffise pour juger cette question importante ; j'espère seulement qu'elle contribuera à l'éclaircir et qu'elle provoquera d'autres recherches expérimentales, qui finiront par donner une solution définitive du problème.

Séance du 27 mai 1877.

Présidence de M. L. Coulon.

Après une observation de M. Herzog, le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. *le Président* communique à la Société le programme de la 60me session de la Société helvétique des sciences naturelles, qui aura lieu à Bex, du 19 au 22 août.

M. *Desor* invite la Société, au nom de M. G. Ritter, à se rendre jeudi 7 juin, à 1 heure après midi, à bord d'un de ses bateaux, pour visiter les travaux de correction de la Broye et de la Thielle.

Le même présente à la Société une jolie série d'Echinodermes du golfe de Naples, dont il fait obligeamment hommage au musée.

M. *Herzog* montre un exemplaire gigantesque de la *Natica leviathan*, trouvé à Comba-Borel, par M. Colomb, architecte.

M. *de Tribolet* met sous les yeux de la Société la carte géologique du canton, qu'il vient de publier avec M. Ph. de Rougemont. Cette carte, qui ne contient que cinq couleurs, est avant tout une carte élémentaire, en quelque sorte un canevas sur lequel le jeune géologue peut facilement transcrire ses observations.

M. *Perret fils* présente trois modèles d'outils pour mesurer les centièmes de millimètre. L'un d'eux, présenté au concours de la Société intercantonale des industries du Jura, y a remporté le premier prix. Ce *vernier Perret*, instrument reposant sur une vraie base scientifique, est spécialement destiné à l'industrie horlogère.

M. *Desor* présente à la Société un remarquable échantillon d'une roche fort curieuse connue sous le nom d'*Itacolumite*, de la montagne d'Itacolumi, au Brésil. C'est une sorte de grès quartzeux, voisin de nos quartzites, d'ordinaire d'un blanc de lait, quand il n'est composé que de grains de quartz, mais affectant aussi des teintes verdâtres ou jaunâtres ou argentées, suivant qu'il est plus ou moins mélangé de paillettes de chlorite, de mica ou de talc. Son caractère le plus frappant réside dans sa flexibilité qui se manifeste dans tous les sens, si bien qu'on lui a donné le nom de semelle de pierre. Jusqu'ici on n'a pas encore expliqué d'une manière satisfaisante cette étrange propriété.

L'itacolumite n'est pas seulement propre au continent américain. Il y a longtemps qu'on l'a signalé en Portugal, en Galice, dans l'Oural. Aux Etats-Unis, il est connu dans la Caroline du Nord et en Géorgie. Mais c'est au Brésil que se trouvent les plus célèbres gisements. Là, comme en Europe, ils font partie des terrains anciens et reposent sur le gneiss. On l'y poursuit sur une étendue de 17° de latitude, de San Paolo jusqu'à Ceara, formant un plateau élevé sur lequel se détachent des pics qui ont jusqu'à 6000 pieds de hauteur, entre La Plata et l'Amazone. L'Itacolumi est un de ces pitons.

L'exemplaire qui est déposé sur le bureau provient de la province de Los Minos (Brésil), d'où il a été rapporté par notre compatriote M. Jean-Jaques Tissot, du Locle, qui en a fait don au musée de Neuchâtel. C'est l'un des plus beaux et des plus grands échantilllons qui existent dans les collections publiques; il mesure plus d'un pied carré.

Au Brésil, cette roche est bien connue, parce qu'elle renferme non-seulement des paillettes d'or, mais aussi et surtout parce qu'elle est diamantifère, les diamants se trouvant disséminés au milieu des grains de quartz.

M. *Hipp* fait à la Société une seconde communication :

SUR L'INFLUENCE DE LA PRESSION DE L'AIR OU DE LA HAUTEUR BAROMÉTRIQUE SUR LA MARCHE D'UNE PENDULE.

(Suite de la note du 11 mai 1877.)

Lorsque, dans ma première communication, j'avais émis l'idée qu'on pourrait examiner la question de l'influence de la densité du milieu sur la marche d'un pendule, en le faisant osciller dans l'eau, on a émis des doutes sur la comparabilité de la marche d'un pendule dans l'air et dans l'eau, enfermé dans un vase. Le meilleur moyen d'élucider la question était évidemment d'exécuter l'expérience, ce que j'ai fait.

Je ne me dissimulerai pas les difficultés d'une pareille expérience; mais tout en admettant que les moyens que j'ai employés laissent peut-être à désirer au point de vue de l'exactitude, je crois cependant que les résultats qu'on peut en déduire s'approchent assez

de la vérité, attendu que la différence des densités du milieu est énorme.

J'ai employé à ces expériences un pendule à demi-seconde, à verge en acier, de $4^{mm},5$ de diamètre, qui porte une lentille de 30^{mm} d'épaisseur et de 110^{mm} de diamètre; le poids du pendule était de 1 kil. 550.

Naturellement, il ne fallait pas songer à entretenir le mouvement d'un tel pendule dans l'eau au moyen d'un échappement quelconque, qui n'aurait pas manqué d'influencer fortement la marche. Il fallait donc mesurer la durée d'une simple oscillation ou d'une série d'oscillations assez restreinte pour que l'amplitude ne variât pas sensiblement.

Il ne fallait pas non plus employer la suspension à ressort, si l'on voulait éviter l'influence que le ressort aurait exercée dans les différentes amplitudes et dans les différents milieux. J'ai donc employé la suspension à couteau, qui seule n'influence pas les oscillations du pendule.

Un petit mécanisme à contact interrompait et établissait un courant au commencement et à la fin d'une ou de plusieurs oscillations; il était disposé de façon à laisser les oscillations libres pendant leur durée.

Le pendule oscillait dans un réservoir d'eau qu'on pouvait remplir ou vider à volonté, de sorte qu'il était facile de le faire marcher tantôt dans l'air, tantôt dans l'eau.

Enfin les durées des oscillations étaient mesurées au moyen du chronoscope qui, comme on sait, indique l'intervalle entre l'ouverture et la fermeture d'un courant. On faisait toujours une série de mesures qui, entre

elles, ne différaient pas en moyenne au delà de 2 à 3 millièmes de seconde.

Sans doute, cette incertitude de quelques millièmes de seconde par oscillation se traduit déjà par une incertitude de trois à quatre minutes sur la marche de 24 heures ; mais comme la différence que nous obtenions pour la marche suivant le milieu, est de 100 millièmes environ, on voit que le résultat est cependant exact environ à $^1/_{30}$ près.

Après bien des essais pour perfectionner l'installation et la méthode d'observation, j'ai trouvé comme moyenne de 70 observations, pour la durée d'une double oscillation *dans l'air* :

Avec une amplitude de 16^0, $1^s,01833$
» » » 4^0, $1^s,01742$

ce qui donne, pour la marche diurne :

avec 16^0 d'amplitude, un retard de $26^m\ 24^s$
» 4^0 » » » $25^m\ 5^s$.

Il va sans dire qu'on aurait pu régler le pendule plus près, si cela avait eu une importance quelconque ; on remarque que le retard augmente avec les arcs, résultat conforme à ce qu'il fallait attendre.

Ensuite, les oscillations *dans l'eau* ont donné :

Pour 16^0 d'amplitude, la durée d'une oscillation $1^s,08565$ ou un retard de $2^h\ 3^m\ 20^s$.

Pour 4^0 d'amplitude, la durée d'une oscillation $1^s,0859$ ou un retard de $2^h\ 3^m\ 42^s$.

On voit ainsi que la marche du pendule dans l'eau retarde par rapport à la marche dans l'air :

pour l'amplitude de 16^0 de $1^h\ 36^m\ 56^s$ par jour,
» » » 4^0 » $1^h\ 38^m\ 37^s$ »

Si nous ne nous occupons pour le moment que du second résultat, l'expérience a montré ainsi un retard de 5917^s par jour pour un pendule oscillant dans l'eau, comparé à sa marche dans l'air.

On peut en déduire la variation de la marche pour une différence de 1^{mm} dans la pression de l'air ; en effet, comme la pression moyenne est à Neuchâtel de 720^{mm} environ, si on prend pour le rapport des densités de l'air et de l'eau 773, on a évidemment

$$773 : 5917^s = \frac{1}{720} : x$$

c'est-à-dire que la variation de la marche diurne de notre pendule serait de $0^s,0106$ par millimètre de pression barométrique.

Cette valeur d'un centième de seconde comme effet d'une variation barométrique de 1^{mm} sur la marche d'un pendule, s'accorde parfaitement avec les résultats qu'on a observés ailleurs.

Donc, sauf meilleur avis, je vois dans mes expériences une preuve de la réalité de cette variation barométrique des horloges, qui ne peut pas s'expliquer suffisamment par la modification que l'amplitude d'oscillation éprouve par le milieu plus dense ; il faut bien admettre une influence directe de la densité du milieu sur la vitesse du pendule, et si l'on a constaté que tel pendule avance et tel autre retarde sous une pression plus forte, cela doit tenir à des influences secondaires provenant du ressort de suspension, de l'échappement, etc.

Il semble donc qu'il y a lieu de compenser cette variation barométrique par un procédé analogue à ceux qu'on emploie pour la compensation thermo-

métrique. Seulement il faudrait que ce moyen fût assez délicat pour ne pas altérer la marche du pendule, par des causes secondaires, au delà des quelques centièmes de seconde qu'il s'agit de corriger.

NOUVELLE SÉRIE D'EXPÉRIENCES

FAITES LE 31 JUILLET 1877.

Pour examiner l'objection qu'on pourrait faire aux résultats des expériences relatées dans la précédente communication, savoir que l'influence de la densité du milieu sur la marche d'un pendule à demi-seconde ne pouvait pas être admise telle quelle pour un pendule à seconde, j'ai résolu de répéter les expériences avec un pendule à seconde.

L'installation était la même, la lentille du pendule également; on l'a appliquée seulement à une tige d'un mètre environ, de sorte que le pendule battait à peu près la seconde.

On pouvait le plonger dans l'eau jusqu'au tiers environ de sa longueur; à la rigueur il aurait fallu faire marcher le pendule tout entier dans l'eau, mais l'erreur qui peut en résulter est certainement sans influence sur le résultat.

Sans revenir aux détails de la méthode employée pour les mesures, nous nous bornons à consigner les indications du chronoscope pour la durée de 10 oscillations :

Dans l'air et avec une amplitude de		8°	la durée moyenne	était de	$9^s,4799$
»	»	4°	»	»	$9^s,4780$
»	»	2°	»	»	$9^s,4762$
Dans l'eau, avec une amplitude de		8°	la durée moyenne	était de	$10^s,0882$
»	»	4°	»	»	$10^s,0792$
»	»	2°	»	»	$10^s,0885$

Si, pour ne pas allonger, nous nous bornons de nouveau aux résultats montrés pour l'amplitude de 4°, on voit ainsi que le même pendule retarde dans l'eau de $0^s,06012$ par oscillation, ou bien par 24^h de $5194^s = 1^h\ 26^m\ 34^s$; tandis que pour le pendule à demi-seconde, nous avions trouvé un retard de $1^h\ 38^m\ 37^s$.

En faisant le même calcul de proportion, on conclut qu'une augmentation de la pression atmosphérique de 1^{mm} comporte pour la marche diurne d'un pendule à seconde un retard de $0^s,0093$, tandis que pour le pendule à demi-seconde, ce retard était de $0^s,0106$. On voit que le retard est le même à un dixième de sa valeur près.

Nous ne discuterons pas maintenant si cette différence est réelle ou due seulement à l'incertitude des mesures; nous rappelons que nous n'avons pas eu l'intention de faire des mesures de la dernière précision. Mais en tous cas nous croyons avoir démontré expérimentalement qu'un pendule oscillant librement sous l'influence de la pesanteur, sans rouage ni échappement, retarde dans un milieu plus dense, et que ce retard est environ de $0^s,01$ *par* 24 *heures* pour une augmentation de la densité de l'air correspondant à une variation barométrique de 1^{mm}, et nous répétons que l'hypothèse de la similitude des lois qui régissent les mouvements des corps dans l'air et dans l'eau, a trouvé de nouveau confirmation.