

1829.

RAPPORT

SUR

LE PENDULE

à compensation naturelle

DE M. HENRY ROBERT,

HORLOGER-MÉCANICIEN,

PAR

M. LE V^{TE} HÉRICART DE THURY,

Conseiller d'état, Directeur général des travaux publics de Paris.

*11
Física
Cart. XI. n. 2.*

PARIS,

PILLET AINÉ, IMPRIMEUR DU ROI,

RUE DES GRANDS-AUGUSTINS, N° 7.

—
4829.

RAPPORT

SUR

LE PENDULE

à compensation naturelle

DE M. HENRY ROBERT,

HORLOGER-MÉCANICIEN,

PAR

M. LE V^{TE} HÉRICART DE THURY,

Conseiller d'état, Directeur général des travaux publics de Paris.



PARIS,

PILLET AINÉ, IMPRIMEUR DU ROI,

RUE DES GRANDS-AUGUSTINS, N° 7.

—
1829.

DONO

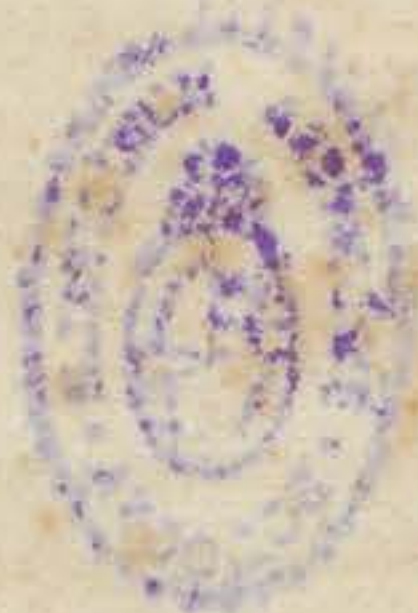
19/3

Hor. Aldini

Extrait du *Moniteur de l'Industrie* (1), journal spécial d'annonces de tous les nouveaux produits des sciences, des arts et du commerce.

Le Prospectus est délivré au bureau du journal, chez PILLET aîné, rue des Grands-Augustins, n° 7, à Paris.

(1) Ce journal est un recueil très-intéressant pour les savans, les artistes et manufacturiers. Ils sont invités à prendre connaissance du prospectus.



RAPPORT

FAIT

A LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE,

Par M. le vicomte HÉRICART DE THURY, Conseiller d'état,
Directeur général des travaux de Paris,

SUR

UN PENDULE A DEMI-SECONDE,

Inventé par M. HENRY ROBERT, horloger-mécanicien,
à Paris, Palais-Royal, n° 164, au 1^{er}.

EXTRAIT

du procès-verbal de la séance du conseil d'administration du
mercredi 14 janvier 1829.

Au nom du comité des arts mécaniques, M. le vicomte Héricart de Thury, conseiller d'état, directeur général des travaux de Paris, lit le rapport suivant sur le pendule compensateur à demi-seconde de M. Robert :

Messieurs,

Élève de Breguet (1), successeur de M. Laresche, M. Robert vous a présenté un modèle de pendule com-

(1) Je saisis avec empressement l'occasion d'exprimer hautement ma reconnaissance à mes amis, MM. Couët, Fesche et Henry Jacot, trois artistes de premier ordre, attachés depuis long-tems à la maison Breguet; leurs conseils m'ont été bien utiles lorsque je partageais leurs travaux. HY. ROBERT.

pensateur à demi-seconde de son invention que vous avez renvoyé à l'examen de votre comité des arts mécaniques.

Le pendule de M. Robert, d'une construction très-simple, présente, au premier aspect, quelque analogie avec celui de M. Reis de Woodwich, qui obtint, en 1812, un prix de quinze guinées de la Société des Arts de Londres, et qui a été décrit dans le journal de Nicholson; mais, en examinant ces deux pendules avec attention, on y reconnaît des différences telles que l'invention du nouveau pendule compensateur reste entièrement à M. Robert, ainsi que nous allons vous le démontrer.

Dans un mémoire qu'il lut à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, sur la dilatabilité des métaux, M. Guyton Morveau rendit compte des expériences de MM. Sméaton de Londres, Jürgensen de Copenhague, Arnolt et Jean Martin, élève de Ferdinand Berthoud, pour la construction des pendules de zinc et d'acier. Il fit ensuite connaître celui de M. Reis de Woodwich, et exprima le regret de ce que le prix du platine s'opposait à ce que ce métal fût employé dans les pendules compensateurs, et de ce que M. Reis, qui avait reconnu la supériorité du platine pour leur construction, avait été arrêté dans son emploi par la seule considération que les compensateurs à verge de platine deviendraient trop chers, considération qui n'eût pas dû l'arrêter s'il eût seulement essayé d'en établir le prix en faisant état, 1° de la grande ténacité de ce métal presque égale à celle du cuivre; et 2° de la réduction des dimensions à raison de la grande disproportion de sa dilatabilité avec celle du zinc. La facilité de l'exécution des compensateurs en platine et cuivre compensant d'ailleurs, et bien au delà, l'augmentation du prix de la ma-

tière, le rapport de la dilatabilité de ces deux métaux établit une différence bien suffisante pour donner l'avantage d'un grand raccourcissement (1).

M. Reis, en construisant son pendule d'après la différence de la dilatabilité de l'acier et du zinc, se servit d'une verge d'acier fondu, terminée par une vis à écrou destinée à élever ou à abaisser, suivant les corrections à faire, un cylindre compensateur de zinc traversé par la tige d'acier, et portant à son extrémité la lentille, de manière que, lorsque la tige d'acier s'allongeait, le zinc en montant prenait de l'expansion en sens contraire, et maintenait toujours ainsi la lentille à la même distance du point de suspension.

Pénétré de ce principe, établi d'après notre collègue M. Francœur, *qu'il importe essentiellement à un bon horloger de chercher les moyens de s'opposer aux dilatations et condensations, parce que les machines destinées à la mesure du tems ne sont précises que sous cette condition,*

M. Robert, après avoir fait une étude comparée des quatre systèmes suivis jusqu'à ce jour dans la construction des pendules compensateurs à grille, à levier, à mercure et en bois, dont il examine rapidement, dans sa notice, les avantages et les inconvéniens; M. Robert a cherché dans l'application des principes de Borda, Lavoisier, Laplace, Sméaton, Breguet, etc., sur la dilatabilité relative du platine, du cuivre, du zinc et de l'acier, un moyen de combattre les effets de l'influence de dilatation, et, par suite, il s'est décidé, conformément aux vœux et aux observations de Guyton Morveau, à

(1) En 1812, le platine ne valait que 11 ou 12 fr. l'once; aujourd'hui il se paie de 27 à 28 fr. Il était donc bien plus difficile qu'alors de songer à l'introduire dans les pendules composés.

adopter le platine et le zinc de préférence aux autres métaux, en prenant particulièrement pour base de ses principes de construction la dilatation de la lentille jusqu'à ce jour généralement négligée. Je dis généralement négligée, parce qu'en effet la dilatation de la lentille est comptée pour rien par la plupart des horlogers, qui font presque toujours porter la lentille par le centre de son diamètre. Cependant, quelques-uns, en la supportant par le bas, ont employé sa dilatation à achever la compensation, lorsque les branches du pendule à grille étaient insuffisantes. C'est ainsi, par exemple, qu'en 1823, M. Gambey a exécuté son pendule à grille de tiges d'acier et de cuivre pour l'équatorial de l'Observatoire royal, dans la construction duquel il a fait entrer la dilatation du rayon de la lentille.

M. Gambey, ayant eu la bonté de nous communiquer la formule dont il a fait usage pour déterminer les proportions de ce compensateur, nous nous empressons de la consigner ici avec le dessin qu'il a bien voulu y joindre.

« Dans un pendule à compensation, dit M. Gambey, » la dilatation des verges d'acier agit en sens inverse de » la dilatation des verges de cuivre. Pour qu'il y ait compensation, il est évident que la somme des dilatations » de toutes les verges d'acier doit être égale à la dilatation de toutes les verges de cuivre. Par conséquent, » si on nomme A la longueur de toutes les verges d'acier, et D la dilatation de l'acier, on aura $A D =$ » la dilatation de toutes les verges d'acier; et si on » nomme C la longueur de toutes les verges de cuivre, et D la dilatation du cuivre, on aura l'équation » suivante : $A D = C D$, formule qui peut servir à

» déterminer les proportions de tous les pendules composés de verges, qui agissent directement dans le sens de leur longueur. Cependant il arrive quelquefois que, dans les pendules à demi-seconde, surtout lorsque la lentille est d'une grande dimension, l'espace restant entre la lentille et le point de suspension n'est pas suffisant pour donner aux verges les longueurs qu'elles doivent avoir. C'est ce qui a fait que j'ai eu recours à la dilatation du rayon de la lentille, comme on le verra dans le dessin annexé à cette note.

» On peut se servir de la formule que j'ai donnée, en faisant entrer le rayon de la lentille de la manière suivante : En nommant le rayon R, on aura $A D = (C \times R) D$.

Mais revenons au pendule de M. Robert. Son compensateur est composé d'un tube en platine très-léger de 00,352 (13 pouces de longueur) y compris le crochet, ou pièce de suspension. A l'autre extrémité est une tige d'acier à vis et écrou, supportant une lentille de zinc et 00,150 (5 pouces 6 lignes) de diamètre, traversé par le tube de platine. La lentille est terminée par une queue fondue en même tems qu'elle.

M. Robert représente, à l'égard des dimensions de son pendule, qu'il n'a pas cru devoir suivre rigoureusement les rapports de dilatations des métaux donnés par les auteurs, parce qu'ils ne sont pas parfaitement d'accord, et qu'en outre, la dilatabilité varie, suivant l'homogénéité des métaux employés, et les diverses manipulations auxquelles ils ont été soumis.

Quant à la formule d'après laquelle il a déterminé la distance du point de suspension du pendule au centre

de la lentille, autrement la différence entre la longueur et la dilatation des deux métaux, elle est rigoureusement conforme aux principes, puisqu'elle est établie sur le rapport de 294 : 85; différence de la dilatation du zinc à celle du platine, suivant Lavoisier, Laplace, Borda, Sméaton et Guyton Morveau.

Les pendules compensateurs à grille, à demi-seconde, exécutés par les ouvriers qui font ordinairement cette partie de l'horlogerie, n'ont pas de prix déterminés, parce que la construction est très-variée, et qu'elle est modifiée suivant les goûts; mais le prix est en général de 40 à 60 fr.

Le pendule de M. Robert coûte 70 fr., dont 45 fr. pour la valeur intrinsèque du platine. Ainsi, si on voulait en remplacer le tube de platine par une tige d'acier, ce pendule ne coûterait que 25 fr.; mais alors la queue de la lentille devrait être d'environ 0^m,027 (un pouce) plus longue qu'elle ne l'est avec un tube de platine.

Un compensateur construit d'après les principes de M. Robert doit nécessairement présenter les conditions exigées pour la correction des effets de la dilatabilité, et par conséquent établir une uniformité constante, puisque, 1^o l'allongement du tube de platine, par une élévation de température, éloignera du centre de rotation le point d'appui sur lequel pose la lentille; et, 2^o que la dilatation en sens inverse, mais égale en somme de la partie du zinc comprise entre le point d'appui et le centre de la lentille, remonte ce centre vers le point de suspension d'une quantité égale à celle dont il aurait été descendu, si la lentille avait été faite d'une matière non dilatable.

Résumé.

De tout ce que nous venons d'avoir l'honneur de vous exposer, Messieurs, il résulte que, dans la composition de son compensateur, M. Robert a rigoureusement rempli les conditions qu'il s'était imposées, savoir: 1^o D'utiliser la dilatation de la lentille, presque généralement comptée pour rien, et par conséquent négligée; 2^o d'avoir une verge très-légère afin que le centre d'oscillation coïncide toujours (autant que possible) avec le centre de gravité de la lentille; 3^o de faire cette verge d'un métal très-peu dilatable, tandis que la lentille jouirait au plus haut degré de la propriété contraire; 4^o enfin que son compensateur, quoique construit en platine, est d'un prix peu élevé, et que celui des pendules de précision ne sera pas augmenté de manière à empêcher l'usage de s'en répandre.

D'où il suit encore, 1^o que le compensateur de M. Robert diffère essentiellement de celui de M. Reis; 2^o qu'il n'est pas fondé sur les mêmes principes; 3^o que c'est à lui qu'on doit l'introduction du platine dans la construction des pendules; et 4^o, que, sans avoir connaissance du régulateur de M. Gambey, il a, comme lui, fait tourner au profit de la compensation tout ce qui était précédemment négligé (1), puisque la dilatation de la lentille, jusqu'à ce jour comptée pour rien, est précisément le seul moyen de correction qu'il emploie pour obtenir l'uniformité constante, base essentielle de l'horlogerie.

Conclusions.

Par ces considérations, et en vous exposant, Messieurs, que M. Robert, fils d'une famille distinguée dans la ma-

(1) Voir la note 1, page 14.

gistrature, après plusieurs années d'exercice, a abandonné le barreau pour venir étudier, sous notre célèbre Breguet, la haute horlogerie de précision, à laquelle il s'est constamment voué, et dans laquelle il ne peut manquer de réussir, si nous en jugeons par ses premiers succès, nous avons l'honneur de vous proposer :

1° De le remercier de la communication qu'il vous a donnée de la description de son pendule compensateur à demi-seconde ; 2° de lui remettre une expédition du présent rapport ; et 3°, d'insérer la notice descriptive de son pendule dans votre Bulletin, à la suite de ce rapport.

Le conseil approuve le rapport et en adopte les conclusions.

NOTICE

SUR

UN PENDULE A DEMI-SECONDE

A COMPENSATION NATURELLE,

PAR HENRY ROBERT, HORLOGER-MÉCANICIEN.

Lorsque le pendule fut employé comme régulateur des machines destinées à la mesure du tems, on en obtint une régularité telle, que les variations causées par son allongement ou son raccourcissement dans les changemens de température (quoique très-petits) devinrent sensibles, d'où l'on reconnut la nécessité de chercher un moyen de corriger le vice résultant de cette propriété indomptable des élémens.

Trois systèmes différens ont été généralement adoptés, et les appareils construits sur ces principes ont reçu les noms de *pendule à grille*, *pendule à levier*, et *pendule à mercure*.

La *verge du pendule à grille* est formée de plusieurs branches parallèles de deux métaux différens ; par leur disposition, les dilatations s'effectuant, en sens inverse, dans les branches qui ne sont pas de même nature, le centre d'oscillation est toujours également distant du centre de rotation. Cet ingénieux système a été traduit sous différentes formes. Celle qui fut employée par Rivaz a donné lieu à beaucoup de variétés préférables aux grilles, qui, cependant, sont encore très-usitées en France.

Les inconvéniens du pendule à grille sont reconnus. A

l'inspection seule, il est facile de juger qu'un assemblage de neuf branches, de sept, ou même de cinq, ne peut être ni facile à exécuter, ni invariable dans ses effets; qu'il présente une surface considérable à mouvoir dans un milieu résistant; que le poids des branches rapproché du point de suspension oblige à descendre la lentille au dessous du centre d'oscillation, allonge l'appareil, et laisse une difficulté pour varier à volonté l'effet correctif.

Le *pendule à levier* est composé de deux branches au moins de métaux inégalement dilatables; l'une d'elles, agissant sur un levier qui a son point d'appui sur l'autre branche, fait remonter la lentille de la quantité nécessaire pour que le centre d'oscillation conserve sa position. Ce mode offre le grand avantage de varier à volonté la correction; aussi a-t-il été souvent reproduit sous diverses formes, et cependant toujours critiqué pour la destruction inévitable des points de contact.

Le *pendule à mercure*, imaginé par le célèbre Graham, est toujours en grande faveur parmi les Anglais. La lentille y est remplacée par un vase rempli de mercure monté dans un châssis d'acier. La grande dilatation du mercure produit la compensation. Le réglage de ce pendule étant long et difficile, c'est sans doute une des raisons qui ont empêché les artistes français de l'employer fréquemment; il est d'ailleurs dispendieux.

Divers autres moyens ont été essayés, notamment des lames bi-métalliques, qui, par leur déformation dans les changemens de température, remontent ou laissent descendre la lentille. Ce moyen simple, qui séduit au premier coup-d'œil, est très-peu usité, parce qu'il est à craindre que ces lames, se déformant sans cesse, ne re-

viennent pas au même état, surtout étant chargées d'un poids. En outre, il est des frottemens qui, sous une pression telle que celle exercée par la lentille, doivent altérer en peu de tems les parties frottantes.

De longues recherches sur la dilatation des corps ont conduit à reconnaître que des tiges de bois de sapin bien choisi, débité, séché et préparé convenablement, ne jouissaient pas sensiblement de cette propriété; mais il a été rare de rencontrer des tringles de ce bois qui ne fissent pas, dans les changemens de température, un mouvement de torsion plus préjudiciable que la dilatation et la contraction; aussi les pendules de bois de sapin sont-ils peu usités pour les machines destinées à l'exacte mesure du tems (1).

Ces considérations, combinées avec les principes de construction du pendule composé, le plus propre à régler une horloge, m'ont porté à chercher une disposition qui offrît des effets aussi sûrs et aussi invariables que ceux du pendule de Graham. Je me suis proposé de construire un pendule à demi-seconde; de faire tourner au profit de la compensation tout ce qui a été négligé ou peu utilisé; d'arriver à une rectitude de composition telle, que ce ne soit plus une machine qu'il faille

(1) Depuis le dépôt de cette notice à la société d'encouragement, M. Robert a su profiter de la propriété du sapin et corriger son défaut pour en construire un pendule, qui offre de grands avantages, par sa simplicité, la facilité avec laquelle il peut être exécuté mécaniquement dans toutes ses parties et sa forme pure qui permet de l'employer dans tous les cas possibles; il a présenté en même tems à la société un nouveau système de lames bi-métalliques pour composer les balanciers des chronomètres: le moyen est on ne saurait plus simple, et la théorie annonce les meilleurs résultats. *Note du directeur du journal.*

suivre dans ses élémens pour en concevoir les effets, mais un système de deux pièces seulement, et pour y parvenir j'ai dû, 1° utiliser la dilatation de la lentille *généralement* comptée pour rien (1); 2° avoir une verge très-légère, afin que le centre d'oscillation coïncide, autant que possible, avec le centre de gravité de la lentille; et 3° faire cette verge d'un métal très-peu dilatable, tandis que la lentille jouirait au plus haut point de la propriété contraire.

Ces conditions me paraissent devoir être remplies, 1° avec un tube de platine, dont les parois seraient très-minces, et 2° avec une lentille de zinc. En effet, soit A R, fig. 1, une tige de platine de 0^m,352 (13 pouces) de longueur, C R une tige de zinc de 0^m,102 (3 pouces 9 lignes) toutes deux fixées à leur extrémité R sur une ligne rr', le rapport entre la longueur des tiges étant en raison inverse de la dilatation des métaux dont elles sont formées, le point A et l'extrémité C de la tige de zinc seront toujours à une égale distance, quelle que soit la température à laquelle le système soit exposé.

Un pendule formé d'un tube de platine A R, fig. 2 de 0^m,352 (13 pouces) de longueur, y compris la suspension, et d'une lentille de zinc de 0^m,150 (5 pouces et demi) de diamètre, terminé vers l'écrou porteur par une queue de 0^m,027 (1 pouce) du même métal et fondu d'un seul jet, donnera le même résultat (2).

(1) Car elle est presque toujours portée par le centre de son diamètre; cependant quelques personnes, en la supportant par le bas, ont employé sa dilatation à achever la compensation lorsque les branches d'un pendule à grille étaient insuffisantes. Le régulateur du mouvement appliqué à l'équatorial de M. Gambey, exécuté pour l'Observatoire de Paris, est construit de cette manière.

(2) La dilatation du zinc est à celle du platine, selon Lavo-

Dans les dimensions qui viennent d'être indiquées, je n'ai pas suivi rigoureusement les rapports des dilatations donnés par les auteurs, parce qu'ils ne sont pas parfaitement d'accord, et qu'en outre cette propriété des métaux varie selon leur homogénéité et les manipulations auxquelles ils ont été soumis.

La formule qui m'a servi à déterminer ces dimensions peut être utile dans divers calculs sur cette matière, la voici : pour trouver les longueurs totales du platine et du zinc, ni l'une ni l'autre n'étant donnée, mais seulement la distance A C, fig. 1, différence entre ces longueurs et la dilatation des métaux, j'ai fait cette proportion 294 (1) : 85 :: A C × C R (longueur totale de la tige de platine) : C R (longueur de la tige de zinc); retranchant le 4^e terme du 3^e et le 2^e du 1^{er}, il vient 294—85 : 85 :: A C : C R..... $C R = \frac{85 \times A C}{294 - 85}$.

Description du nouveau pendule proposé.

L'extrémité supérieure A, fig. 2, du tube de platine, est bouchée par un tampon soudé, percé et taraudé concentriquement aux parois du tube pour fixer à vis le crochet d'une suspension à ressort. A l'extrémité inférieure est soudée une tige d'acier taraudé, ou de cuivre, sur laquelle se visse l'écrou R; la lentille L est terminée vers l'écrou par une queue B.

Si le tube de platine employé est cylindrique, il faut, pour empêcher la lentille de tourner, faire passer une

stier, Laplace et Sméaton, :: 294 : 85. D'autres auteurs donnent des rapports un peu différens.

(1) J'ai supposé ici le centre d'oscillation coïncidant avec le centre de gravité de la lentille pour simplifier cet énoncé; ce qui n'est pas exact : cette supposition ne peut avoir aucun inconvénient, puisque le réglage se fait par l'expérience.

clavette D, fig. 3, ou simplement une goupille à travers l'extrémité inférieure du tube dans la partie qui reçoit le bout de la tige taraudée, et ouvrir dans la queue de la lentille une entaille F, fig. 4, pour la recevoir. En exécutant ce pendule, il convient de tenir la lentille plus épaisse qu'on ne la suppose nécessaire pour réduire cette épaisseur, et arriver au poids convenable par rapport à la force motrice. Il est aussi à propos de conserver la queue B de deux ou trois lignes plus longue que les dimensions données ne l'indiquent, afin d'avoir d'abord une correction trop forte, et de raccourcir ensuite, selon que les expériences faites sous différentes températures en indiquent la nécessité.

Fonctions.

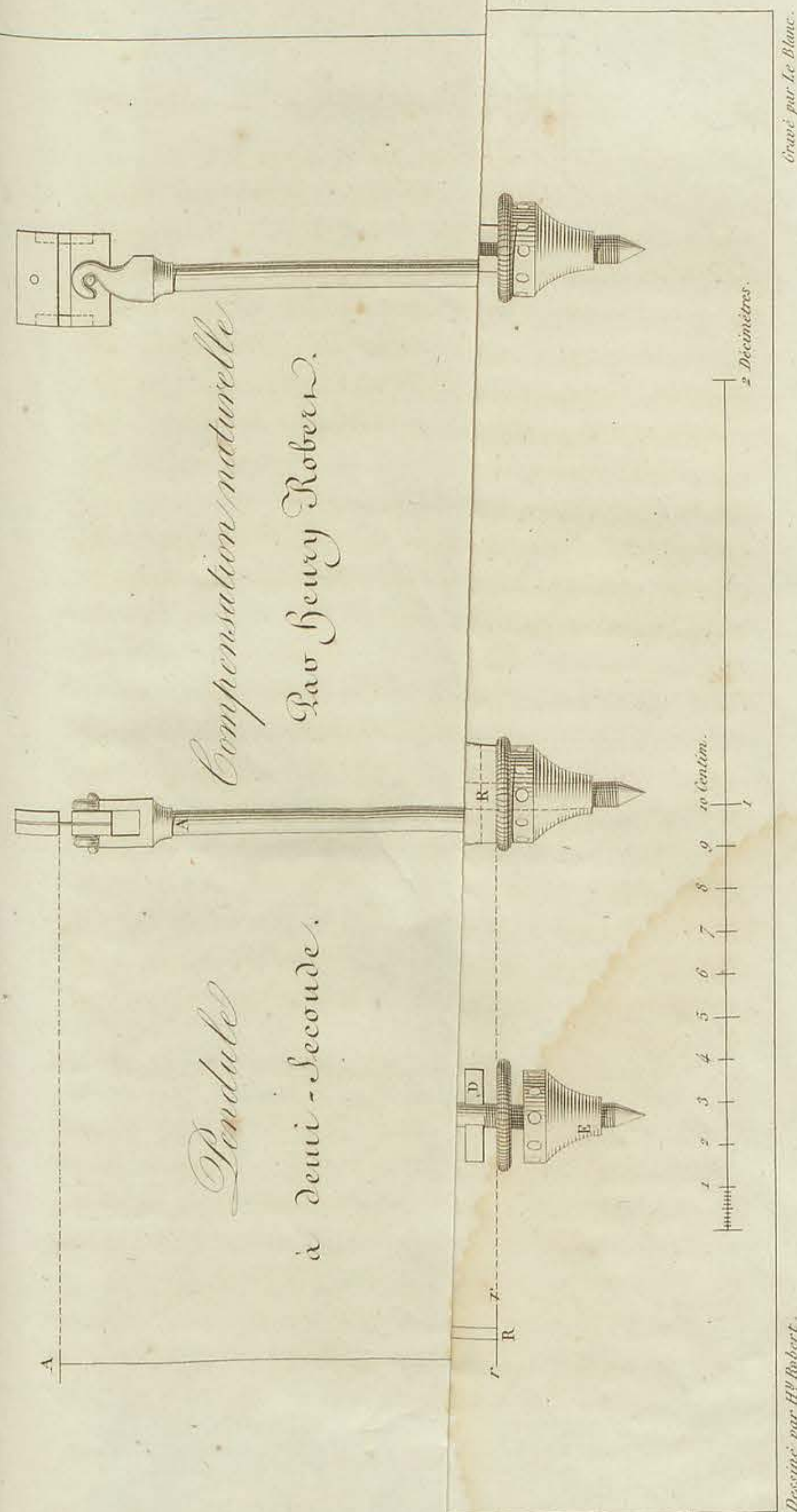
Dans cette construction l'allongement du tube de platine, par une élévation de température, éloigne du centre de rotation le point d'appui sur lequel pose la lentille; la dilatation en sens inverse, mais égale en somme de la partie de zinc comprise entre le point d'appui et le centre de la lentille, remonte ce centre vers le point de suspension d'une quantité égale à celle dont il aurait été descendu, si la lentille eût été faite d'une matière non dilatable.

Observation.

Des savans ont craint que des influences magnétiques fussent une source de variations dans les horloges dont le régulateur est en grande partie composé d'acier, et ils ont manifesté le désir de voir exclure ce métal de la composition du pendule; dans le pendule proposé on ne doit avoir cette crainte, puisque la tige taraudée peut sans inconvénient être faite en cuivre.

H. ROBERT.

311666



clavette D, fig. 5, ou simplement une goupille à travers l'extrémité inférieure du tube dans la partie qui reçoit le bout de la tige taraudée, et ouvrir dans la queue de la lentille une entaille F, fig. 4, pour la recevoir. En exécutant ce pendule, il convient de tenir la lentille plus épaisse qu'on ne la suppose nécessaire pour réduire cette épaisseur, et arriver au poids convenable par rapport à la force motrice. Il est aussi à propos de conserver la queue B de deux ou trois lignes plus longue que les dimensions données ne l'indiquent, afin d'avoir d'abord une correction trop forte, et de raccourcir ensuite, selon que les expériences faites sous différentes températures en indiquent la nécessité.

Fonctions.

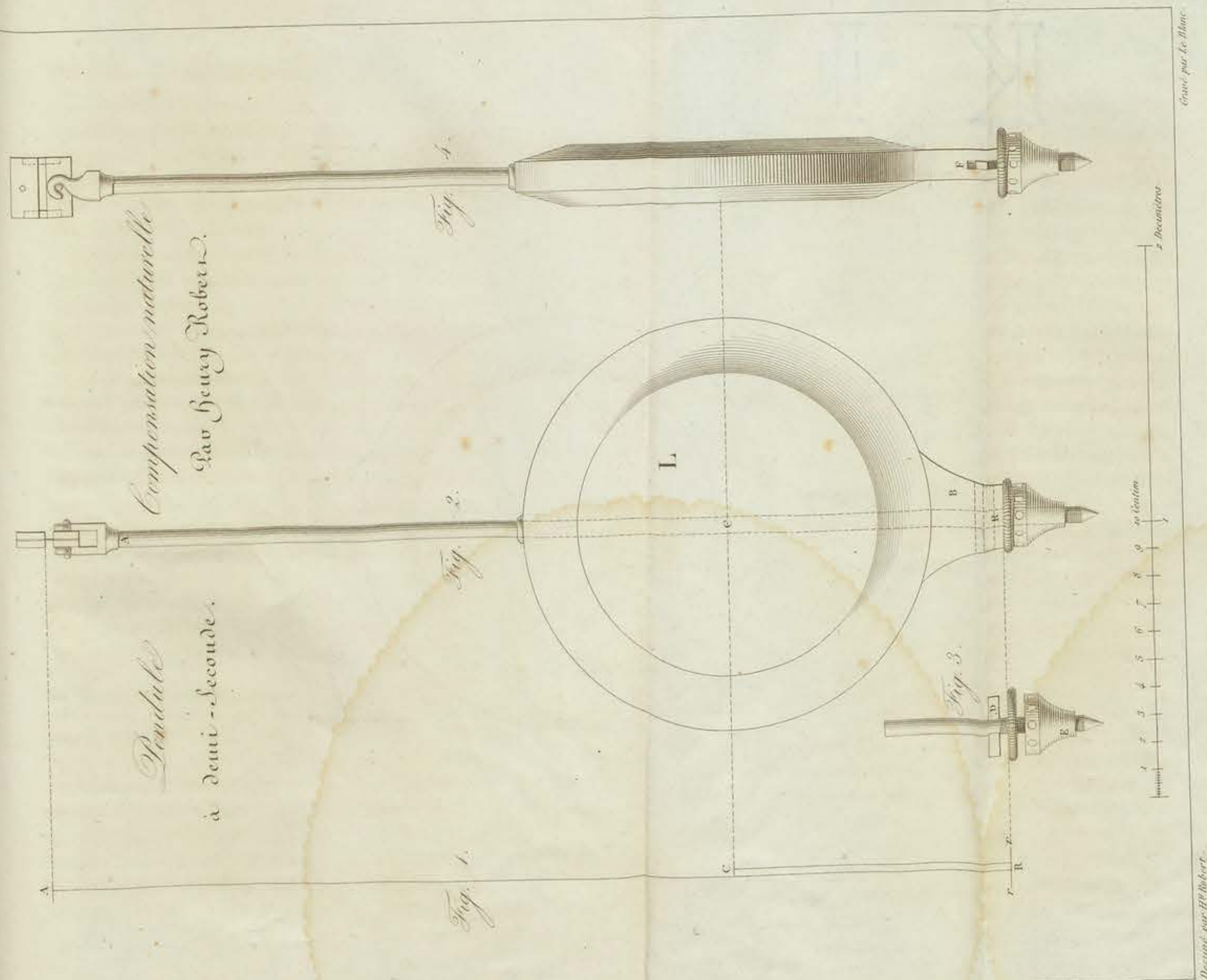
Dans cette construction l'allongement du tube de platine, par une élévation de température, éloigne du centre de rotation le point d'appui sur lequel pose la lentille; la dilatation en sens inverse, mais égale en somme de la partie de zinc comprise entre le point d'appui et le centre de la lentille, remonte ce centre vers le point de suspension d'une quantité égale à celle dont il aurait été descendu, si la lentille eût été faite d'une matière non dilatable,

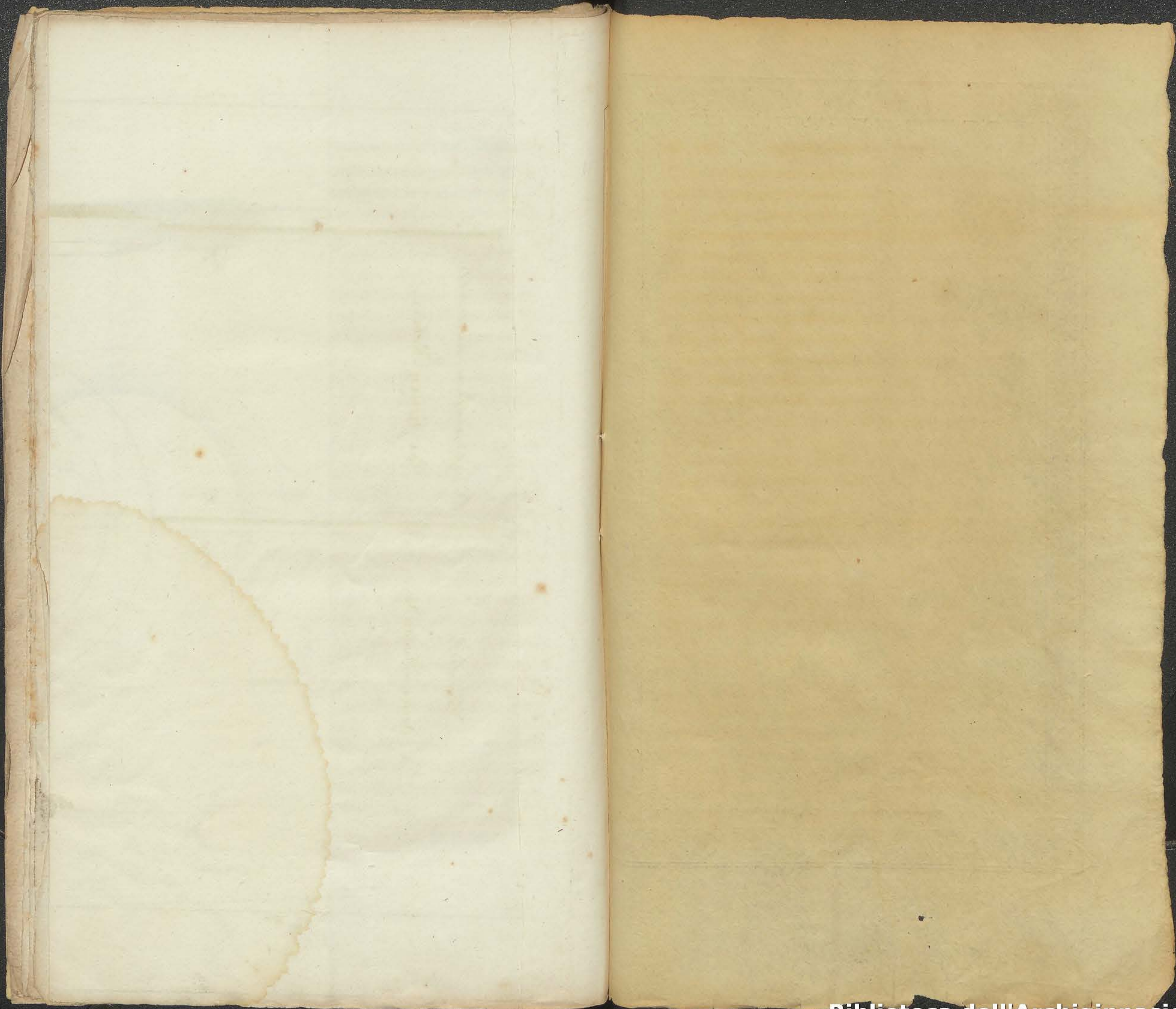
Observation.

Des savans ont craint que des influences magnétiques fussent une source de variations dans les horloges dont le régulateur est en grande partie composé d'acier, et ils ont manifesté le désir de voir exclure ce métal de la composition du pendule; dans le pendule proposé on ne doit avoir cette crainte, puisque la tige taraudée peut sans inconvénient être faite en cuivre.

H. ROBERT.

311166





PILLET aîné, Imprimeur du Roi, rue des Grands-Augustins, n° 7.