



**HAL**  
open science

## Remarques sur la construction des horloges à pendules

Philippe de La Hire

► **To cite this version:**

Philippe de La Hire. Remarques sur la construction des horloges à pendules. Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des sciences, 1700. ads-00104287

**HAL Id: ads-00104287**

**<https://hal.science/ads-00104287>**

Submitted on 6 Oct 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

*REMARQUES SUR LA CONSTRUCTION  
des Horloges à Pendule.*

PAR M. DE LA HIRE.

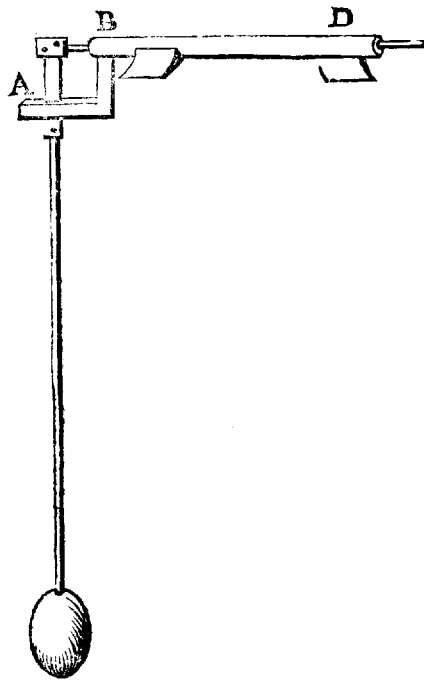
Quoiqu'il ne semble pas possible d'ajouter quelque chose à la construction des grandes Horloges à Pendule comme elles sont à présent, pour les rendre plus parfaites & plus justes dans la mesure du tems; cependant on y peut faire quelques remarques qui pourront servir à corriger quelques inégalités qui s'y rencontrent.

1700.  
22. Mai.

Premièrement, il semble qu'on auroit pû suspendre la verge du Pendule à une petite lame de ressort au lieu de soie, pour éviter les accidens qui arrivent à la soie, comme de s'allonger par la pesanteur du poids qui y est suspendu, & principalement quand le tems est sec, & tout au contraire de se raccourcir quand le tems est humide, comme il arrive à tous les fils & cordes qui sont composées de plusieurs filets tortillés ensemble: car le raccourcissement ou l'allongement de la soie, raccourcissant ou allongeant la longueur du Pendule, fera avancer ou retarder l'Horloge. On pourroit encore ajouter qu'à chaque vibration, la soie fait un petit pli à l'endroit où elle est attachée à la verge du Pendule, par l'effort que fait la fourchette pour entretenir le mouvement du Pendule. Mais l'expérience que j'ai faite il y a quelques années d'un ressort appliqué à la verge du Pendule au lieu de soie, m'a convaincu qu'il lui arrive des irrégularités bien plus considérables qu'à la soie, ce que je n'ai pû attribuer qu'aux différentes altérations du ressort par le froid & par le chaud, qui rendant les corps à ressort plus ou moins roides, y cause des changemens fort considérables; car plus un ressort est roide, & plus il fait ses vibrations fréquentes, tout au contraire quand il est

mou il les fait plus lentes. Je fus donc obligé d'ôter d'une grande Pendule à secondes, le ressort qui soutenoit la verge du Pendule pour y mettre une foie, & je n'y trouvai plus ensuite toutes les irrégularités que j'y avois remarqué auparavant, ce qui servit à me convaincre entièrement que ces inégalités n'étoient causées que par le ressort.

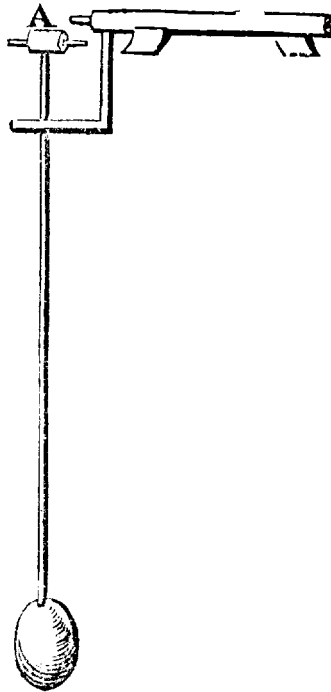
Secondement, j'ai considéré que si dans les Pendules à demi-secondes où les irrégularités ne feroient pas sensibles,



on attachoit bien ferme la petite lame de ressort *A* à la verge du Pendule, on pourroit rendre par ce moyen ces fortes d'Horloges plus portatives qu'elles ne sont ordinairement avec la foie dans des voyages sur mer & de long cours, ce qui pourroit peut-être avoir des utilités pour la connoissance des longitudes, car dans les balancemens ordinaires d'un Vaisseau, le Pendule se soutiendrait de lui-même, & ne feroit pas autant interrompu dans ses vibrations que lorsqu'il est seulement suspendu à une foie.

Mais si au lieu d'une lame de ressort *A* qui est appliquée par sa largeur suivant la longueur de l'Arbre, on suspendoit le Pendule à une verge roide & ferme dont la largeur coupât perpendiculairement l'axe de l'Arbre, & qu'elle fût arrêtée à l'Arbre, alors le mouvement du Pendule gouverneroit entièrement le mouvement de l'Horloge.

Enfin si dans les Pendules à secondes, pour éviter les accidens de la soie & du ressort, on suspendoit le Pendule, comme je viens de dire, à une verge roide & ferme, laquelle fût engagée & arrêtée ferme dans un petit Arbre particulier *A* qui se mouvroit librement sur ses pivots, l'Arbre des Palettes qui porteroit la fourchette, pourroit imprimer le mouvement au Pendule par le moyen de cette fourchette, laquelle étant gouvernée par les vibrations du Pendule rectifieroit le mouvement de l'Horloge. Je suis persuadé que cette maniere d'appliquer le Pendule aux Horloges, seroit meilleure que celles qui sont en usage. Il faudroit que l'Arbre



*A* se trouvât dans la même ligne droite que celui de l'Arbre qui porte les Palettes pour éviter le frottement de la fourchette au long de la verge du Pendule, ce qui arrive nécessairement aux Pendules qui ont des cycloïdes, & ce frottement cause une inégalité considérable dans le mouvement du Pendule, quand l'huile qui est en cet endroit s'épaissit, ou qu'il s'y engendre un peu de rouille. On pourroit m'objecter que les vibrations du Pendule qui pourroient être d'inégale longueur ne seroient point réduites à l'égalité, n'y ayant point de Cycloïde dans cette construction. Mais je puis répondre aussi que ceux qui ont long-tems gouverné & avec soin des grandes Horloges à Pendule, savent bien que les vibrations sont si égales qu'elles pourroient bien n'avoir pas besoin de Cycloïde, & sur tout si ces vibrations ne sont pas d'une longue étendue :

mais quand on voudroit avoir égard aux inégalités des vibrations du Pendule dans cette construction, j'expliquerai dans la suite la manière dont on doit les corriger.

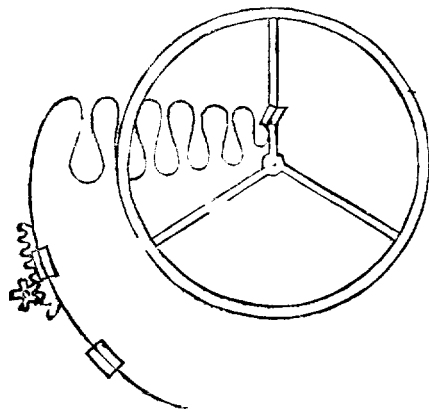
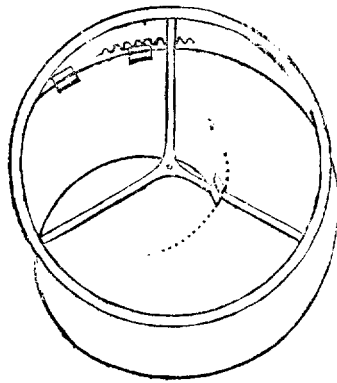
On a construit quelques Pendules dont la fourchette étoit placée au-dessus des Palettes, & qui rencontroit la verge du Pendule au-dessous du poids du Pendule dans une partie de la verge qui passoit au-delà du poids : mais cette construction est vicieuse, & ne peut pas servir pour de grandes Horloges à faire des observations, car les vibrations étant de très-peu de longueur, le poids du Pendule n'a que peu de mouvement, & il peut être arrêté & détourné très-facilement par une puissance fort foible, ainsi les mouvemens inégaux de la fourchette se communiquant au mouvement du Pendule, il ne peut pas en être rectifié, & l'Horloge ne peut être juste, comme quelques-uns de nos Académiciens le remarquerent alors en comparant ces Horloges avec celles dont nous nous servons ordinairement. Mais après que les grandes Horloges qui servent aux observations célestes, ont été réduites à un point de perfection auquel on n'auroit pas crû qu'on pût jamais arriver, puisque nous voyons assez souvent que dans l'espace de plusieurs jours de suite elles ne s'écartent pas du mouvement égal qu'elles marquent, d'une seule seconde de tems ; il ne falloit plus que trouver l'invention de réduire à la régularité, celles qu'on porte ordinairement dans la poche ; & pour régler le mouvement du balancier qui est ordinairement fort inégal, on s'est avisé d'y appliquer une petite lame de ressort, qui en se bandant & débandant pût en rectifier le mouvement. Ce principe de régularité est fondé sur ce que les vibrations des ressorts mis en mouvement sont à très-peu près égales, au moins lorsque ces vibrations sont à peu près d'égale étendue.

On a d'abord appliqué à ces Horloges une petite lame de ressort toute droite, laquelle étant arrêtée ferme par l'une de ses extrémités, portoit à l'autre extrémité qui étoit libre, une petite fourchette qui gouvernoit un des

rayons du Balancier en le rencontrant dans une médiocre distance de son centre, & par ce moyen le mouvement du Balancier étoit réduit à une espèce d'égalité par la régularité des vibrations du ressort. Mais comme la longueur de ce petit ressort ne pouvoit être tout au plus que des  $\frac{2}{3}$  du diamètre de la Montre, il falloit qu'il fût extrêmement foible pour avoir ses vibrations à peu près égales à celles du Balancier, & si il étoit si foible, il ne pouvoit pas régler les inégalités du Balancier qui doit faire environ quatre vibrations par secondes de tems. On a donc abandonné ce ressort droit pour lui en substituer un de figure spirale qui n'occupe que peu d'espace quoiqu'il ait une longueur considérable. L'extrémité la plus éloignée de l'œil de cette spirale est arrêtée ferme en deux endroits pour y être soutenue, & l'autre extrémité vers l'œil est aussi arrêtée dans l'Arbre qui porte les Palettes & le Balancier, afin que le mouvement du ressort qui est entretenu par le mouvement du Balancier pût à même tems lui communiquer sa régularité : mais quand on examine avec soin le mouvement de ce Balancier réglé par le mouvement de la lame spirale, on s'apperçoit qu'il lui reste encore beaucoup d'inégalité ; d'autant que les mouvemens des Palettes agissant contre l'extrémité de la lame spirale, & y faisant effort par rapport à la longueur du demi-diamètre de l'Arbre à l'endroit où ce ressort est engagé, ils maîtrisent le ressort qui obéit & qui cède à l'inégalité à cause qu'il est foible & léger, & qu'il ne peut résister au mouvement du Balancier, ce qui est facile à entendre, par ce que j'ai déjà expliqué ci-dessus, en parlant des grands Pendules suspendus à un ressort.

J'ai donc considéré que le mouvement du ressort doit être nécessairement appliqué à une distance un peu considérable du centre du Balancier, pour pouvoir gouverner avec plus de force ses mouvemens inégaux, & pour n'en recevoir pas les inégalités. Il faudroit donc couper le ressort en spirale assez loin de l'œil, & à cette extrémité y appliquer une petite fourchette, laquelle fut engagée

dans l'un des rayons du Balancier à un quart à peu près à la circonférence du centre; & le Balancier devrait être posé de telle manière que lorsque la spirale est en repos & qu'elle n'est point contrainte par le Balancier, le rayon où est engagé la fourchette fût toujours perpendiculaire à la ligne tracée par le point où est appliqué la fourchette, lorsque le ressort se bande & débände, afin que la fourchette eût moins de frottement au long du rayon du Balancier, ce qu'on peut voir dans la figure qui est ici représentée.



Mais voici encore une autre manière pour appliquer un ressort au Balancier d'une Montre ordinaire. Ce ressort doit être mince & plat, comme ceux des spirales ordinaires, mais la figure est ondoyante dont les ondes sont fort ferrées. Par ce moyen on a un grand ressort qui n'occupe que peu de place en longueur, en sorte que ses vibrations peuvent être lentes, sans occuper un grand espace. Les ondes sont formées suivant la largeur de la lame qui est posée sur le champ, ce qui fait qu'il peut se soutenir aisément dans sa grande longueur. On pourroit même lui donner beaucoup plus de largeur qu'aux spirales ordinaires, afin qu'il pût se soutenir plus aisément. J'ai éprouvé que ces sortes de ressorts ployés en ondes ont de très-grands avantages

sur les autres ressorts en ce qu'ils sont fort doux ayant beaucoup de longueur, & qu'ils ne sont que peu d'effort dans chacune de leurs parties. Ils ont encore un très grand avantage par-dessus les ressorts à boudin, qui ont aussi celui de la longueur dans un peu d'espace, en ce que ces ressorts dans leurs allongemens & resserremens ne peuvent étendre leurs spires, sans que le fil dont ils sont composés ou formés, ne se torde & détorde, ce qui le ruine très-promptement dans un mouvement continu, ce qui n'arrive pas au ressort en onde, quand même il seroit formé d'un fil au lieu d'une lame, comme je le suppose ici.

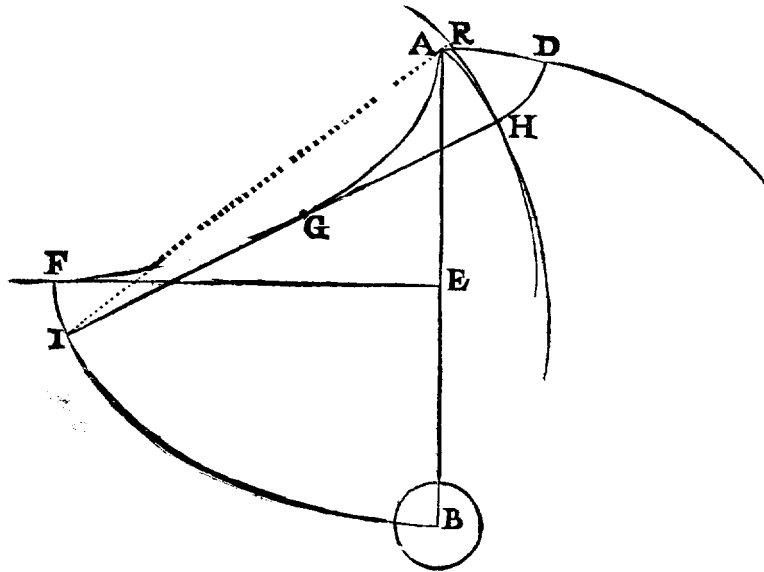
Pour faire l'application de ce ressort en onde au Balancier de la Montre, il doit être arrêté ferme par l'une de ses extrémités à la Platine supérieure de la Montre de la même manière que les ressorts en spirale, & par l'autre extrémité où finissent les ondes, il porte une petite fourchette qui passe dans un des rayons du Balancier au quart à peu près de distance du centre, comme on voit dans la figure.

Pour ce qui est de la manière de raccourcir ou d'allonger ce ressort pour lui faire faire ses vibrations plus courtes ou plus longues, on le fera comme aux ressorts en spirale par le moyen d'une petite bride attachée à une cramaille qui coule dans une coulisse pour s'approcher ou s'éloigner de l'endroit où le ressort est attaché à la Platine de la Montre.

On pourra faire ce ressort long ou court, suivant le nombre & la grandeur de ses ondes pour en faire convenir les vibrations au mouvement alternatif du Balancier, car ces deux mouvemens doivent être à très-peu près égaux pour s'entretenir l'un l'autre plus facilement.

Voici maintenant de quelle manière on peut rectifier le mouvement du Pendule lorsqu'il n'y a point de soie pour le soutenir, & que la verge qui soutient le Pendule est arrêtée ferme dans le pivot sur lequel il se meut, comme je l'ai proposé ci-devant.





Soit  $AB$  la longueur du Pendule depuis son point de suspension  $A$  jusqu'au centre  $B$  du poids total que je suppose être celui d'oscillation, dont il faut que le mouvement se fasse par une Cycloïde, comme M. Hugens l'a posé. Du centre  $B$  & pour rayon  $BA$ , je décris le cercle  $AD$ , & ayant coupé  $AB$  en deux parties égales en  $E$ , je mene  $EF$  perpendiculaire sur  $AB$ , laquelle soit la base d'une Cycloïde  $AGF$  qui a pour diamètre de son cercle générateur la grandeur  $EA$  qui en fera l'Axe.

Maintenant soit  $AH$  la courbe décrite par l'évolution de la Cycloïde en commençant l'évolution au sommet  $A$  & soit aussi la Cycloïde  $BIF$  décrite par l'évolution de la Cycloïde  $AGF$  en commençant l'évolution sur la base en  $F$ .

Je dis que le pivot qui doit soutenir la verge du Pendule doit être creux par dessous de la figure circulaire  $AD$  & qu'il doit se mouvoir sur la partie convexe de la courbe  $AH$ . Je ne dis rien sur la manière d'appliquer ce pivot & ce qui le soutient, car il n'y aura pas de difficulté, & il n'importe pas que la partie concave roule ou glisse sur la convexe  $AH$ , puisque le point  $B$  se trouvera toujours dans la Cycloïde  $BIF$ .

La

La démonstration de cette construction dépend de la nature des courbes décrites par évolution. Car il est certain que si la ligne droite  $AB$  roule en s'appliquant sur la Cycloïde  $AGF$ , son extrémité  $B$  décrira la Cycloïde  $BIF$ , & son extrémité  $A$  la courbe  $AH$ , & que cette ligne  $AB$  fera dans toutes ses positions différentes, comme  $IGH$  perpendiculaire des deux côtés à chaque courbe  $BIF$  &  $AH$ .

Mais lorsqu'un point tel qu'on voudra  $D$  du cercle  $AD$  fera appliqué sur la Courbe  $AH$  au point  $H$ , le cercle & la courbe se toucheront dans ce même point  $H$ , & la ligne  $HGI$  menée de ce point  $H$  pour touchante de la Cycloïde en  $G$  étant perpendiculaire à la courbe  $AH$  & au cercle, sera égale à  $BA$  par la description du cercle; & par conséquent l'extrémité  $I$  de cette ligne conviendra avec le point  $B$  placé en  $I$  sur la Cycloïde, quoique la verge  $AB$  se trouve alors en quelqu'autre position, comme  $AR$ ; car il n'importe pas quel point  $D$  du cercle  $AD$  par rapport au point  $A$  où est appliqué la verge du Pendule, se trouve en  $H$  sur la courbe  $AH$  puisque toutes ces lignes seront les rayons du même cercle.

Mais comme cette manière de pivot creux pourroit sembler de difficile exécution, je dis qu'on le pourra faire d'une infinité de figures différentes convexes ou concaves & telles qu'on voudra, ce qui détermine à même-tems la figure de la courbe, du trou ou soutien sur lequel il se meut; ce qui sera facile à faire par les méthodes que j'ai expliquées dans mon *Traité des Epicycloïdes*.

*DES VAISSEAUX*  
*Omphalomésentériques.*

PAR M. DU VERNEY.

**R**ien ne flate plus agréablement l'esprit de l'homme que les nouvelles découvertes; mais il n'est rien aussi où il prenne plus facilement le change: au moment qu'on s'est imaginé d'avoir dévoilé quelque vérité jusqu'alors in-

1700.

Y

1700.  
16. Juin.

---

Remarques sur la construction des horloges à pendules - M. DE LA HIRE  
Académie royale des sciences - Année 1700

MÉCANIQUE, PHYSIQUE

---