



**HAL**  
open science

# Remarque sur les inégalités du mouvement des horloges à pendule

Philippe de La Hire

► **To cite this version:**

Philippe de La Hire. Remarque sur les inégalités du mouvement des horloges à pendule. Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des sciences, 1703. ads-00104426

**HAL Id: ads-00104426**

**<https://hal.science/ads-00104426>**

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.

## OBSERVATION

*De l'Eclipsé de Soleil du 8 Décembre 1703, à Tours  
par M. Nonnet, envoyée à M. de la Hire.*

LE Ciel a été assez serein à Tours vers le Coucher du Soleil pour faire l'Observation de cette Eclipsé. Cependant quelques nuages & le grand vent avec la proximité de l'horizon, donnoient assez d'incommodité à l'Observateur, pour ne pouvoir pas déterminer la quantité de l'Eclipsé avec toute l'exactitude qu'il auroit souhaité. Il a dû voir cette Eclipsé plus grande que nous à Paris, puisqu'il étoit plus à l'Occident de  $1^{\circ} 40'$ , & le Soleil s'y est couché plus tard qu'à Paris de près de  $5'$ , suivant la Connoissance des Tems, à cause que Tours est plus au Midi de  $1^{\circ} 23' 20''$ . Voici son Observation.

|                                |      |                          |
|--------------------------------|------|--------------------------|
| Le commencement de l'Eclipsé à |      | 3 <sup>h</sup> 57' 25''. |
| Doigts.                        | Min. |                          |
| 0.                             | 15.  | 4. 0. 48.                |
| 0.                             | 30.  | 4. 4. 17.                |
| 0.                             | 45.  | 4. 7. 55.                |
| 1.                             | 0.   | 4. 11. 50.               |

## REMARQUES

*Sur les inégalités du mouvement des Horloges  
à Pendule.*

PAR M. DE LA HIRE.

LES Astronomes qui ont pris grand soin de régler leurs Pendules à secondes sur le mouvement des astres, y ont remarqué des inégalités qu'ils n'ont pu ré-

duire à aucune règle certaine. J'ai fait quelques remarques sur ces inégalités dans le Mémoire que j'ai lu à l'Académie, & qui a été imprimé en 1700, & entr'autres sur celles qui peuvent venir d'une petite lame de ressort que j'avois mise à la place de la foye pour soutenir le Pendule; car j'avois crû que cette lame n'étant pas sujette aux altérations qui arrivent à la foye par la sécheresse & par l'humidité de l'air, les vibrations du Pendule pourroient être beaucoup plus égales: mais enfin je fus obligé d'ôter la lame & d'y remettre la foye, à cause que j'y remarquois des inégalités bien plus grandes qu'auparavant; & j'ai trouvé depuis que l'horloge alloit assez justement pour ne pas s'écarter quelquefois du moyen mouvement, d'une seule seconde dans l'espace de quatre jours, où le Pendule fait 345600 vibrations. Mais j'ai aussi remarqué quelquefois, que d'un jour à l'autre il y avoit des changemens assez considérables pour embarrasser un Observateur exact, & pour donner de l'exercice à un Philosophe qui en voudroit rechercher la cause, laquelle ne peut être que physique.

Les différens états de l'air semblent être les seules causes des changemens que nous remarquons au mouvement des Pendules: car il est chaud ou froid, sec ou humide, léger ou pesant, rare ou grossier ou épais; & toutes ces différentes qualités se mêlant ensemble en différens degrés, peuvent causer de grandes altérations au mouvement des horloges. Mais pour reconnoître quelque chose de ce qui doit arriver, il faut considérer séparément ces états différens.

On suppose premièrement, que si la Cycloïde est bien faite suivant les règles que M. Huguens en a données, tout ce qui peut accélérer ou ralentir le mouvement des roues, ne doit apporter aucun changement à l'horloge, puisqu'il n'en pourroit arriver que des vibrations plus longues ou plus courtes, lesquelles ne laisseroient pas d'être *Ischrones* ou d'égale durée. Ainsi le froid pouvant figer en quelque façon le peu d'huile qui est attaché aux

pivots de roues, fera que leur mouvement sera plus difficile que dans un tems chaud où l'huile sera plus liquide, & par conséquent les vibrations deviendront plus courtes; mais elles ne laisseront pas d'être d'égale durée à celles qui sont plus longues, étant rectifiées par la figure de la Cycloïde.

L'humidité qui s'attachera aux roues & aux pignons pourra causer à peu près le même effet, sans qu'il arrive d'inégalité au mouvement.

Mais quoique la Cycloïde soit la figure nécessaire pour faire que les vibrations longues ou courtes soient isochrones, il falloit considérer, qu'elle ne pouvoit avoir lieu que lorsque la suspension n'auroit aucune grosseur ou épaisseur, ce qui est impossible dans l'exécution; c'est pourquoi, puisqu'on se sert d'un fil de foye tortillé, qui est assez gros pour soutenir la lentille du pendillon ou pendule qui est pesante, & qu'on ne doit rien négliger de ce qui peut contribuer à la justesse de ce mouvement, il ne faut pas que la figure soit une Cycloïde, mais une ligne parallèle à la Cycloïde, laquelle en soit éloignée vers la partie concave, de la moitié de l'épaisseur du fil, afin que l'axe ou le milieu de ce fil décrive exactement la Cycloïde, comme je l'ai expliqué dans mon Traité des Epicycloïdes qui doivent servir au mouvement des Machines.

On peut aussi remarquer que les petits filets de foye qui composent le fil, sont secs & roides, & qu'ils peuvent par conséquent souffrir tous ensemble des altérations considérables, & à peu près semblables à celles de la lame de ressort, qui est plus roide dans des tems froids & secs, & plus molle dans des tems chauds; mais c'est un accident qu'on ne peut éviter quand on se sert d'une suspension flexible pour le Pendule; c'est pourquoi on pourroit éprouver celle que j'ai proposée dans les Mémoires de l'année 1700.

Si l'on considère les différens états de l'air par rapport au Pendule, & non pas par rapport au rouage de l'hor-

loge, on y remarquera tant de différens accidens, qu'à peine pourroit-on croire que l'horloge pût aller également une heure entiere, pendant laquelle le Pendule fait 3600 vibrations ou battemens.

On sçait que la chaleur du Soleil en Eté est assez forte pour échauffer une barre de fer de 6 pieds de longueur, & la rendre plus longue qu'elle n'étoit en Hiver; ayant été exposée à la gelée, de  $\frac{2}{3}$  de ligne, comme je l'ai reconnu par une expérience très-exacte que j'en ai faite autrefois. C'est pourquoi ces deux états différens de l'air sur la longueur de la verge du Pendule, qui doit être de 3 pieds 8 lignes  $\frac{1}{2}$  pour battre les secondes, la pourroient changer de  $\frac{1}{3}$  de ligne, ce qui causeroit une différence très-considérable dans la durée des vibrations du Pendule, puisqu'elle pourroit aller jusqu'à 32" par jour. Mais comme ce cas ne pourroit arriver que lorsque l'Horloge seroit exposée à l'air & au Soleil dans ces deux saisons, ce qui n'est pas ordinairement, on n'y remarque pas de si grands changemens. Il arrive quelquefois d'assez grandes différences de chaleur d'un jour à l'autre & de la nuit au jour, pour faire allonger ou raccourcir la verge du Pendule, ce qui pourra ralentir ou accélérer le mouvement de l'Horloge, de quelques secondes, comme nous le remarquons aussi quelquefois, ce qui peut venir par cette seule cause. C'est pourquoi dans l'usage qu'on fait des Horloges à Pendule pour les Observations célestes, où il est nécessaire de connoître l'heure dans la dernière justesse, il faut les placer dans un lieu où elles soient le plus à l'abri qu'il est possible, de toutes les injures de l'air.

L'humidité, la sécheresse, la densité & la rareté de l'air peuvent aussi causer des altérations considérables au mouvement du Pendule. Car lorsque l'air sera humide, c'est-à-dire, lorsqu'il sera rempli de quantité de petites particules d'eau qui y demeurent suspendues, ou lorsqu'il est dense ou épais, le Pendule aura plus de peine à le fendre, & il semble que ses vibrations doivent être  
alors

alors de bien plus longue durée que lorsqu'il est sec ou rare. Car nous sçavons par expérience qu'une plume très-légère tombe dans un tuyau dont on a pompé l'air, presqu'aussi vite qu'une pierre fait dans l'air. Mais comme on ne doit pas juger de ce qui doit arriver dans ces sortes de rencontres sans en faire l'expérience lorsqu'il est possible de la faire, j'ai cru que si l'air humide ou épais peut rendre les vibrations de plus longue durée qu'un air sec & rare, on devoit appercevoir une très-grande différence entre le mouvement du Pendule dans l'air & dans l'eau. Pour connoître ce qui en étoit, j'ai fait un Pendule à demi-secondes avec une bale de plomb de 2 onces de pesanteur, laquelle étoit suspendue à un fil délié, & je l'ai mis en mouvement dans l'eau. J'ai remarqué d'abord que les grandes vibrations se raccourcissoient promptement, & que le mouvement s'arrêtoit sensiblement après 1 minute & un peu plus. Mais comme je me persuadois que ces vibrations dans l'eau devoient être au moins d'une seconde chacune, lesquelles n'étoient que d'une demi-seconde dans l'air, j'ai été fort surpris de voir qu'elles me paroïssent presqu'aussi promptes ou d'égale durée à celles qui se faisoient dans l'air. Pour les mesurer exactement j'ai fait compter les vibrations du Pendule de l'Horloge à seconde, pendant une minute, & à même tems je comptois les vibrations du Pendule à demi-seconde, dans l'eau d'un grand vaisseau plat, où la bale étoit enfoncée d'un demi-pouce environ, & j'ai trouvé après avoir répété plusieurs fois la même expérience, que le Pendule dans l'eau ne faisoit que 112 vibrations au lieu de 120 qu'il auroit faites dans l'air pour une minute.

J'ai fait aussi la même expérience avec un Pendule simple à secondes, dont la bale qui étoit de plomb, pesoit 5 onces; & j'ai trouvé, comme dans l'autre, que les grandes vibrations duroient fort peu de tems, & que le Pendule s'arrêtoit presqu'entièrement après deux minutes. Mais il ne faisoit dans l'eau que 114 vibrations pendant

que le Pendule de l'Horloge en faisoit 120 dans l'air pour 2 minutes. Ainsi le retardement que l'eau cause aux vibrations du Pendule est de 3'' par minute. J'aurois souhaité de faire les observations de ces différences de vibrations dans l'eau & dans l'air pendant 20' ou 30', pour connoître plus exactement leur différence, & voir quel rapport il y avoit dans le retardement des vibrations dans l'eau, sur ces Pendules de différente longueur; mais je n'ai pu aller plus loin.

Puisqu'un Pendule à secondes perd dans l'eau 3'' par minute, il perdrait en un jour 4320''. Mais si nous supposons que cette diminution du mouvement des Pendules, vient de la densité du milieu; & si l'air est dense ou épais par le poids dont il est chargé, sans avoir égard au plus ou au moins de particules d'eau qui y sont mêlées, il s'ensuivra que si la pesanteur de l'air change seulement d'un 28<sup>e</sup>, comme on le remarque assez souvent dans le Baromètre, la 28<sup>e</sup> partie de 4320'' de retardement du Pendule dans l'eau pour un jour, laquelle est 154'', sera la diminution ou bien le retardement de l'Horloge dans l'espace d'un jour par rapport à ces deux différens états de l'air. Mais on n'a jamais remarqué dans les Horloges à Pendule, une aussi grande différence que celle-là; on ne peut donc pas dire, que les différens poids dont l'air peut être chargé, puissent causer ses différentes densités; ou bien il faut avouer que ses différentes densités ne font pas sur le mouvement d'un Pendule, le même effet que la densité de l'eau, ce qui peut venir de la différente configuration des parties de ces deux corps, dont celles de l'air, quoique fort serrées & pressées, pourront être facilement séparées, & au contraire celles de l'eau le peuvent être très-difficilement, étant adhérentes les unes aux autres. On pourroit encore ajouter que les dernières vibrations dans l'eau étant plus courtes que les premières, elles vont plus vite.

Ce seroit aussi pour cette raison que l'air, quoiqu'il fût rempli de particules d'eau, n'apporteroit que peu ou

point de retardement au mouvement du Pendule, en ce que toutes ces particules n'ayant point de liaison les unes aux autres, mais étant toutes séparées par les particules de l'air, pourroient être très-facilement déplacées entre les particules de l'air, où elles sont flotantes.

Mais si ces particules d'eau ne causent point de retardement au mouvement du Pendule par la difficulté à être déplacées, elles peuvent y causer un changement assez considérable par un autre moyen. Si l'air de sec qu'il étoit devient humide, il est certain qu'une très-grande quantité de ces particules d'eau doivent s'attacher à la superficie de la verge, & à celle du poids du Pendule, & même elles peuvent pénétrer un peu cette verge & ce poids; & par conséquent elles feront comme un enduit sur la verge & sur la lentille du poids, qui aura son centre d'oscillation différent de celui du composé de la verge & du poids; c'est pourquoi le centre d'oscillation étant alors différent de ce qu'il étoit auparavant, la durée des vibrations ne sera pas la même qu'elle étoit. Ce n'est pas qu'on ne puisse remédier en quelque façon à cet accident, en se servant pour Pendule d'un cylindre dont la base soit petite, & qui soit homogène dans toute sa longueur, lequel étant suspendu par l'extrémité de son axe, auroit à très-peu près un même point pour centre d'oscillation de sa superficie & de son corps; & par conséquent quelque changement qu'il arrivât à cette superficie, pourvu qu'il fût égal dans toutes ses parties, le mouvement du Pendule n'en seroit point altéré sensiblement. Ce seroit la même chose, si au lieu d'un cylindre on se servoit d'un parallépipède, pourvu qu'il fût aussi suspendu par l'extrémité de son axe.

Enfin si la Cycloïde étoit mal-faite, elle pourroit causer de nouvelles irrégularités au mouvement du Pendule, suivant que ces vibrations seroient plus longues ou plus courtes, dont il s'en formeroit plusieurs autres par leur combinaison avec les premières.

Pour ce qui regarde les différentes longueurs du Pen-

dule dans différens climats, il me semble qu'on y peut faire quelques remarques; car M. Picard avoit observé à Vranibourg & à Bayonne où j'étois avec lui, que la longueur du Pendule simple à seconde, étoit exactement la même qu'à Paris. On fit une grande attention à cette observation de Bayonne, à cause qu'on sçavoit ce que M. Richer en avoit rapporté de Cayenne. Vranibourg & Bayonne sont éloignés l'un de l'autre en latitude de plus de 12 degrés, & entre Bayonne & Cayenne la différence de latitude est de  $38^{\circ}$ , car Cayenne est à peu près à  $5^{\circ}$  de latitude Boréale, ce qui donne seulement une différence à peu près triple de la première, pour laquelle on trouve  $\frac{1}{4}$  de ligne de diminution de la longueur du Pendule. On doit donc conclure de là, que cette différence de longueur ne devient fort sensible qu'en s'approchant de la ligne.

Mais plusieurs années après MM. Varin, des Hayes & de Glos ayant été envoyés vers la ligne pour y faire quelques observations Astronomiques, trouverent que dans l'Isle de Gorée, qui est à  $14^{\circ}$  de latitude Boréale, la longueur du Pendule simple à seconde devoit être plus courte qu'en France de 2 lignes. Les observations faites à Cayenne & à Gorée, ne laissent aucun lieu de douter qu'elles ne soient très-certaines & très-exactes par toutes les circonstances qui y sont rapportées. Cependant si l'on avoit voulu conclure cette différence de longueur du Pendule pour Gorée par celle de Cayenne, on auroit dit que celle de Gorée devoit être seulement plus courte qu'à Paris de  $\frac{1}{4}$  de ligne environ, & l'observation la donne de 2 lignes entières. Au contraire, si de celle de Gorée on avoit conclu celle de Cayenne, on l'auroit posée de 3 lignes environ, & elle n'a été trouvée que de  $\frac{1}{4}$  de ligne.

Ces grandes différences ne peuvent s'accorder en aucune façon avec les hypothèses que M. Mariotte a faites dans son Traité du Mouvement des Eaux, & M. Huguens dans son Traité de la Lumière, & il faut en cher-

cher d'autres pour expliquer pourquoi la longueur du Pendule est la même dans les latitudes de  $55^{\circ}\frac{1}{4}$ , & de  $43^{\circ}\frac{1}{2}$ , & qu'à  $14^{\circ}\frac{2}{3}$  elle est de 2 lignes plus courte, & à  $5^{\circ}$  de  $\frac{1}{4}$  de ligne seulement. Mais ne pourroit-on point soupçonner que cette différente longueur du Pendule n'est point réelle, mais seulement apparente, & qu'elle ne vient que de la mesure dont on s'est servi? Car il est très-vrai que les métaux, & généralement tous les corps, s'étendent considérablement à la chaleur, & se resserrent au froid. M. Picard dit que sur un pied de longueur il a observé un allongement de  $\frac{1}{4}$  de ligne; & par conséquent sur la longueur du Pendule ce seroit  $\frac{1}{4}$  de ligne, au lieu que je n'ai trouvé que  $\frac{1}{3}$  de ligne. Cette différence pourroit venir des manières différentes dont les observations ont été faites; car M. Picard ayant exposé les corps à la gelée, les mettoit ensuite auprès du feu, & pour moi je les ai seulement exposés au Soleil l'Été suivant. On pourroit donc dire que vers la ligne & entre les Tropiques, où les chaleurs sont fort grandes, les métaux s'étendent & s'allongent très-considérablement au-delà de ce qu'ils font dans ces pays-ci, & peut-être encore par une cause particulière des vapeurs & des exhalaisons qui les pénètrent, comme on sçait qu'elles sont très-pénétrantes en ces pays-là; & enfin plus dans un tems que dans un autre, & plus dans un lieu que dans un autre. C'est pourquoi ces causes d'extension qui ne sont pas considérables dans ces pays-ci, peuvent être très-différentes à Gorée & à Cayenne, & dans des tems différens; car on est persuadé que vers les Tropiques les chaleurs sont bien plus fortes que vers la ligne. Et si la verge de fer de 3 pieds mesurée à Paris au tems du départ de M. Richer, s'est allongée à Cayenne de  $\frac{1}{4}$  de ligne, il doit avoir trouvé la longueur du Pendule simple à seconde mesurée avec cette verge, plus courte qu'à Paris de  $\frac{1}{4}$  de ligne, quoiqu'effectivement elle ait été la même dans ces deux lieux. De même si à Gorée la mesure s'est allongée de deux lignes plus qu'elle n'étoit à Paris, la longueur du Pendule simple à

seconde y aura paru plus courte qu'à Paris de deux lignes. C'est ce qui me paroît de plus vrai-semblable sur ce Phénomène. Si cela étoit ainsi, la mesure universelle du Pendule demeurerait toujours la même & par toute la terre, & il faudroit régler les mesures particulieres sur cette mesure, en prenant la longueur du Pendule simple pour 3 pieds ou pour une demi-toise.

*Examen de la démonstration que Messieurs Mariotte & Huguens donnent des différentes longueurs du Pendule simple à seconde, en différens endroits de la terre.*

Il ne s'agit ici, suivant M. Mariotte, que de démontrer si les corps tombent plus lentement sous l'Equinoxial que par-tout ailleurs; & s'ils tombent plus vite à proportion qu'on s'approche plus des pôles. C'est ce qu'il prétend faire dans son *Traité du mouvement des Eaux*, page 245, en supposant le mouvement de la terre autour de son axe.

Il dit que le mouvement de la terre donne à l'air une impression qui le fait tendre à s'écarter de son axe avec une vitesse proportionnée à celle de son mouvement; & que ce mouvement étant plus grand vers l'Equinoxial que vers les pôles, l'effort qu'il fait vers l'Equinoxial est plus grand que celui qu'il fait vers les pôles; & c'est de ce différent effort qu'il conclut que les corps qui sont dans l'air, sont repoussés & écartés de la terre avec plus de force proche de l'Equinoxial, pour les empêcher de tomber, que lorsqu'ils sont proche des pôles.

Ce raisonnement de M. Mariotte n'est fondé que sur la supposition que l'air qui environne la terre, en est repoussé par son mouvement autour de son axe; peut-être ayant été persuadé de cet effet par une expérience commune, qui est, que si l'on fait mouvoir dans l'air un corps irrégulier, l'air frappé par ses inégalités, tend à s'écarter

du corps par des lignes perpendiculaires au mouvement du corps : mais il me semble qu'il ne peut pas arriver la même chose au globe de la terre, en supposant son mouvement journalier autour de son axe.

Car premièrement il y a trop peu de terres, & leurs inégalités sont trop petites par rapport aux surfaces unies des eaux pour écarter sensiblement l'air de la terre; & par conséquent le mouvement seul de la surface de la terre, feroit que tous les corps de cette surface choqueroient l'air avec une vitesse aussi grande qu'est celle de ces corps : laquelle on pourroit prendre pour un vent très-violent d'Orient en Occident, qui n'auroit pourtant aucune détermination à s'écarter de la surface de la terre, & les causes particulières des vents ne pourroient pas avoir assez de force pour lui résister. Si l'on apperçoit entre les Tropiques quelque mouvement d'Orient en Occident, il y a aussi assez souvent de grands calmes, & l'on pourroit donner d'autres raisons physiques de ce mouvement, que celui de la terre; & de plus quel rapport y a-t-il entre la vitesse de ce vent, & celle de la surface de la terre qui fait en un jour 9000 lieues ?

Il faut donc demeurer d'accord que l'Atmosphère qui environne la terre de tous côtés, ne fait que comme un même corps avec elle; & dans la supposition du mouvement de la terre autour de son axe, l'Atmosphère est emportée comme sa surface. D'où il suit qu'une pierre qui tomberoit dans cette Atmosphère ne pourroit recevoir aucune impression du mouvement de la terre, comme il arriveroit à une bale de plomb qu'on laisseroit tomber dans un vaisseau plein d'eau, pendant que le vaisseau seroit emporté d'un mouvement horizontal fort prompt; car on ne fait aucun doute que cette bale ne tombe dans le fond du vaisseau au même endroit où elle tomberoit si le vaisseau étoit en repos, puisqu'effectivement l'eau qui est contenue dans le vaisseau, y est en repos par rapport à la masse de l'eau, & aux parois du vaisseau pendant qu'il est en mouvement.

Et s'il étoit possible que l'air fût écarté de la surface de la terre par le mouvement de la terre, comme M. Mariotte le suppose, soit par une tangente qui s'écarteroit de l'Orient vers l'Occident, soit par un rayon du centre vers la circonférence, il arrivera toujours que le poids du Pendule, qui descend & qui remonte dans la même vibration, qui va d'un côté dans une vibration, & de l'autre dans la suivante, fera autant accéléré en remontant que retardé en descendant, & autant accéléré d'un côté que retardé de l'autre; d'où il suit qu'il ne doit arriver par cette cause aucun changement à la durée des vibrations du Pendule.

Mais enfin quand on accorderoit à M. Mariotte tout ce qu'il prétend conclure de son hypothèse, il s'ensuivroit toujours que pour les degrés qui seroient plus proche des pôles, l'augmentation de vitesse du mouvement du pendule seroit beaucoup plus grande que pour les degrés qui seroient vers l'Equateur; puisque cette augmentation seroit dans la raison de la diminution du mouvement de la matiere, qui seroit celle des sinus du complément des degrés de la latitude, lesquels diminuent bien plus vite en s'approchant des pôles que vers l'Equateur, ce qui est contre l'observation faite à Vranibourg & à Bayonne, & encore contre l'irrégularité qui s'est trouvée entre Cayenne & Gorée.

Pour M. Huguens qui n'a imprimé son *Traité de la Lumiere* que plusieurs années après que le *Mouvement des Eaux* de M. Mariotte a été donné au public, il dit, *qu'on ne peut douter que ce ne soit une marque que les corps descendent plus lentement vers l'Equinoxial qu'en France.* C'est aussi ce que M. Mariotte avoit supposé, & pour sa démonstration il ajoute; *qu'il connut aussi-tôt qu'on lui eût communiqué ce nouveau Phénomene, que la cause en pouvoit être rapportée au mouvement de la terre, qui étant plus grand en chaque pays, selon qu'il approche plus de la ligne Equinoxiale, doit produire un effet plus grand à rejeter les corps du centre, & leur ôter par-là une certaine partie de leur pesanteur.* Il est facile à voir par ses propres paroles que je viens de rapporter,

rapporter, qu'il se sert de la même hypothèse que M. Mariotte, & il détermine ensuite la quantité de la diminution de cet effort par son Théorème 3<sup>e</sup>. *De vi centrifuga*. C'est pourquoi toutes les raisons que j'ai rapportées contre l'explication de ce Phénomène par M. Mariotte, serviront aussi contre celle-ci, qui ne conclut que la même chose du même principe. D'où enfin je dis qu'il doit y avoir quelqu'autre cause de cet effet, laquelle ne dépend point du mouvement de la terre.

Pour ce qui regarde l'observation, il semble d'abord qu'elle est très facile à faire, puisqu'on peut compter les vibrations du pendule simple pendant une heure, où il demeure toujours en mouvement après qu'il y a été mis d'abord, & que si le pendule devoit être plus court de deux lignes, celui qui seroit de deux lignes plus long, feroit en une heure environ 8 vibrations de moins que l'autre, ce qui est une trop grande différence pour s'y tromper. Ce sera la même chose dans les autres longueurs à proportion. Cependant il faut remarquer que si l'on se sert d'un fil de pite pour soutenir le poids, quelque délié que ce fil puisse être, il est toujours plat, & il arrive que les dernières vibrations deviennent ordinairement tournantes de droites qu'elles étoient d'abord, comme je l'ai éprouvé, à cause que ce fil fend l'air obliquement dans son mouvement, écarte le pendule d'un côté en allant, & de l'autre en revenant, ce qui lui donne peu à peu une détermination à tourner. J'ai aussi observé que ces dernières vibrations tournantes qui devroient être plus courtes que les premières, à cause qu'elles ont moins d'étendue, sont de plus longue durée que les droites, ce qui peut imposer dans l'observation. Et si M. Picard a eu égard à ces vibrations tournantes, & que ces autres Messieurs qui ont observé vers la ligne n'y aient pas fait d'attention, ils auront trouvé bien moins de vibrations pendant une heure au pendule simple qui alloit un peu en tournant, qu'il ne devoit y en avoir en effet si les vibrations n'eussent point tourné, & c'est ce qui leur aura

fait juger qu'il falloit raccourcir le pendule pour lui faire faire ses vibrations en moins de tems.

J'ai dit dans le commencement de ce Mémoire, qu'on ne remarquoit pas dans le mouvement du Pendule de l'Horloge d'aussi grands changemens qu'il devoit en arriver par les différentes condensations de l'air, en voici un exemple.

*Observations du Baromètre & de la Constitution de l'air, depuis le 22 jusqu'au 29 Novembre 1703 au matin.*

|       |                       |                      |                  |
|-------|-----------------------|----------------------|------------------|
| Le 22 | Le Baromètre 27 pouc. | $4 \frac{2}{6}$ lig. | Ciel brouillé.   |
| 23    | 27                    | 1                    | Pluie.           |
| 24    | 27                    | $3 \frac{1}{2}$      | Pluie.           |
| 25    | 27                    | $9 \frac{4}{6}$      | Serein.          |
| 26    | 28                    | $1 \frac{4}{6}$      | Gros brouillard. |
| 27    | 27                    | $11 \frac{2}{6}$     | Gros brouillard. |
| 28    | 27                    | $9 \frac{4}{6}$      | Brouillard.      |
| 29    | 27                    | $7 \frac{4}{6}$      | Serein.          |

J'ai trouvé par les observations du passage du Soleil par le Méridien & par l'Equation de l'Horloge, qu'entre le 22 & le 25, où le Baromètre avoit été fort bas & à médiocre hauteur, & le tems en partie pluvieux & partie serein, que l'Horloge avoit avancé sur le moyen mouvement du Soleil de  $9'' \frac{2}{3}$  par jour; & qu'entre le 25 & le 26, où le Baromètre étoit fort haut, ce qui marquoit une très-grande condensation de l'air avec un très-gros brouillard, que l'Horloge n'avoit avancé que de  $6''$ , ce qui montreroit un retardement du mouvement du Pendule de  $3'' \frac{2}{3}$  pour un jour. Mais depuis le 26 jusqu'au 29, où le Baromètre a toujours été assez haut avec beaucoup de brouillard, l'Horloge avoit avancé de  $9''$  par jour. D'où il est facile à voir que pour une différence très-grande de la constitution de l'air, où sa pesanteur & le brouillard joints ensemble auroient dû retarder de beaucoup le mouvement

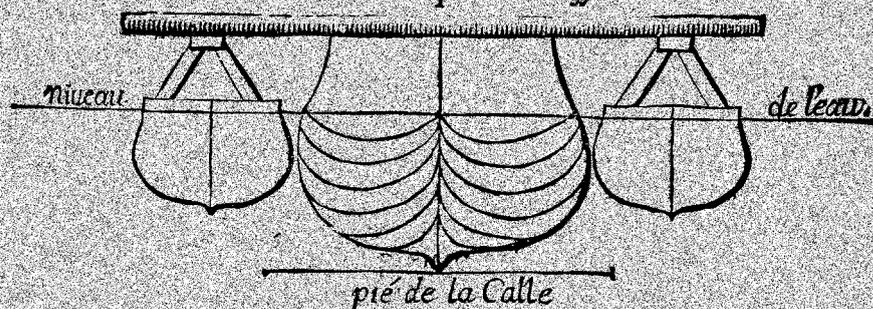
du Pendule, comme je l'ai remarqué ci-devant, il ne s'est pourtant trouvé que très-peu de secondes, ce qui pourroit être attribué à d'autres causes particulières.

## M O Y E N

*Pour faire monter un grand Vaisseau sur la calle telle qu'elle est construite dans le Port de Toulon, sans se servir d'aucunes machines.*

PAR M. DE LA HIRE.

*Mats arrêté au Corps du Vaisseau.*



**I**L faut qu'il y ait des deux côtés de la calle un fossé où l'eau y soit par-tout de 6 pieds de hauteur environ, & que ce fossé soit assez large pour y tenir de petits bâtimens ou barques suivant leur largeur, & ces bâtimens ne doivent tirer d'eau, étant autant chargés qu'ils peuvent l'être, que les 6 pieds qui sont dans le fossé. 1703.  
22. Decemb.

Le grand Vaisseau qu'on veut faire monter sur la calle ayant été conduit contre la calle, on placera des deux côtés deux ou quatre ou six des petits bâtimens autant qu'il sera nécessaire pour l'opération suivante, & on les remplira d'eau, tant qu'ils ne coulent pas à fond.

Ensuite on placera de grands mats qui traversent la largeur du grand Vaisseau, & qui passent au-delà des deux

---

Remarque sur les inégalités du mouvement des horloges à pendule - M. DE LA HIRE  
Académie royale des sciences - Année 1703

ASTRONOMIE, PHYSIQUE  
DE LA HIRE, HUGUENS (HUYGENS), PICARD, RICHER, VARIN , DES HAYES,  
DE GLOS, MARIOTTE

---