Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d’œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s’inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- **la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr)**
- **la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l’objet d’une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.**

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- **les reproductions de documents protégés par le droit d’auteur, uniquement consultables dans l’enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l’autorisation préalable du titulaire des droits.**

4- Pour obtenir la reproduction numérique d’un document du Cnum en haute définition, contacter cnum(at)cnam.fr

5- L’utilisateur s’engage à respecter les présentes conditions d’utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d’une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d’utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	**Berthoud, Ferdinand**
Auteur(s)	**Berthoud, Ferdinand (1727-1807)**
Titre	**Journal des expériences et des recherches sur les horloges et les montres**
Adresse	**[s.l.] : [s.n.], [1760-1811]**
Collation	**23 vol.**
Nombre de volumes	**23**
Cote	**CNAM-BIB Ms 51-Ms 73**
Sujet(s)	**Horloges et montres** **Horloges et montres - Expériences** **Chronomètres de marine** **Échappements (horlogerie)** **Horlogerie**
Notice complète	https://calames.abes.fr/pub/cnam.aspx#details?id=Calames-2020116101525251
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?MS51_73
LISTE DES VOLUMES	
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	N° 3. I Partie. Suitte du Journal des experiences et reflexions faites sur l'horlogerie par Ferdinand Berthoud. 6e 8bre 1760 / N° 3. Journal d'experiences et de recherche sur l'horlogerie par Ferdinand Berthoud. Paris 6e 8bre 1760
	N° 5 1re Partie. Journal d'experiences & de recherches sur l'horlogerie par ferdinand Berthoud. Paris, le 23e Xbre 1762 / N° 5. 2e Partie
	Montre marine N° 6, Ire Partie / N° 6, 2e partie. Journal d'experiences faites sur les montres, sur la pesanteur des balanciers : la grosseur des pivots &c : pour parvenir a la compensation du chaud et du froid. Comencé le 9 fevrier 1763
	N° 7. 1ere partie. Journal d'experiences et de recherches sur les horloges et montres marines et astronomiques. Commencé le 28e aoust 1765. Montre marine N° 7, 2e partie
	N° 8. 1ere partye. Journal des experiences faites sur les montres astronomiques. Suitte du livre N° 6. Comencé le 24e octobre 1765. Les details & experiences sur les montres astronomiques comencent au livre N° 4 et la suitte est au livre n° 6 comencé le 9 fevrier 1763 : : J'ai dressé dans chacuns de ces livres une table des differens articles relatifs a cela / N° 8 2e partie Journal des montres ordinaires
	N° 9, Ire partie. Livre d'observations pour servir a regler mes pendules astronomique, horloges marines, &c. Comencé le 21e xbre 1764. page 119 et suiv. Suitte du journal de l'horloge marine N° 6 : au retour de l'epreuve Suitte du Liv N° 11. 10bre 1770 / 2e Partie N°9
	Livre N° 10, Premiere partie contenant le journal de l'horloge marine N° 6. 23 novembre 1767. L'horloge marine

	N°6 est decrite en partie Liv Manuscrit N° 5 : les secondes les minutes et les heures sont concentriques elle est a poids &c. On dessine maintenant cette machine dont je ferai la description aussitot que les desseins sont finis. Livre N° 10 2e part. contenant le journal de la marche de l'horloge marine N.° 7 Novembre 1767. L'horloge marine marqué N° 7 : le mouvement est sans cadrature les seconds sonty au centre les minutes & les heures excentriques aujourdhui 23e novembre 1767 je fais dessiner cette machine dont je ferai la description cy apres
	Livre N° 11. 1re partie contenant les principes de construction d'execution & le journal de l'horloge marine N° 8. Suitte du livre N° 10. Comencé le 3e fevrier 1768. Livre N° 11. 2e partie contenant diverses recherches relatives aux horloges marines et particulierement sur leffet des ressorts et des experiences faites avec l'elastomètre ou balance elastique. Le 20 may 1768
	Livre N.° 12. Ire partie contenant les principes de construction & déxécution & le journal de l'horloge marine N° 9 Comencé le 8 janvier 1770 servant de suitte au livre N° 11: Experiences servant a verifier les principes que j'ai etabli sur les balanciers page 116 &c. Livre N° 12 2e partie pag 1ere. Suitte Journ. Horl. N° 8 et Horl. N° 6
	Observation du midi et journal de mes horloges astronomiques. Suitte du livre N° 9: Le 16 juin 1768. N° 13 2eme partie. Experiences et observations sur les horloges astronomiques. Le 16 juin 1768
	Livre N° 13 1re partie. Suitte de l'horloge marine N° 10. Journal de N° 10 en 1781 et en 1788 et Journal Horl. N° 9 : 12 et 13. Livre N° 13 contenant diverses recherches pour la perfection des horloges marines. Le 18 juin 1771. De l'horloge marine N° 11
	Journal des montres ordinaires. Comencé le 14 septembre 1768. Experiences et observations pour servir a perfectionner les montres. 9bre 1768. Et Suitte de la construction des petites horloges ou montres a longitudes Xbre 1787. Commence a la page 41. et est la suitte du M.s N°22 page 42
	Livre N.° 14 1re partie. Suitte du journal de l'horloge marine N° 9. Livre N° 14 2e partie. Recherches pour la perfection des horloges marines
	Le 29 janvier 1772. Suitte de l'horloge marine N° 4. Etat de l'horloge astronomique de Groslay
	N° 16. Traité servant a léxécution de mes horloges marines. Commencé le 27 9bre 1773. Des dimensions et des procedes de main d'oeuvre. Des limes a arondir
	Journal des experiences faites sur les ressorts spiraux des horloges et montres marines pour rendre ces ressorts isochrones. 2e Partie du N° 17. Suitte des recherches sur les horloges marines. 1776
	N° 18. Suitte des recherches sur les horloges marines. Construction actuelle de mes horloges. 24e 10bre 1776. Journal des horloges marines. Horl. N° 22 a Groslay le 21 may 1777
	N° 19. Suitte des recherches relatives aux horloges marines et aux montres a longitudes. Commencé en juin 1779. Journal des horloges marines. Octobre 1779
	N° 20. Suitte de la construction des horloges a longitudes.

	Commencé le 20 decembre 1782. Contenant l'etat des horloges marines appartenant au Roi. N° 20. Journal de la marche des horloges a longitudes
	N.° 21. Des moyens a employer pour perfectioner et simplifier les petites horloges a longitudes. Suitte du livre Ms N.° 20 : 9bre 1785. Journal des horloges marines. Commencé en 7bre 1785
	Comencé en 7bre 1768. Observations du midy a l instrument des passages de Groslay. N° 22. Journal des horloges a longitudes. 1787. Suite du M.s N° 21
	N° 24. Premiere partie. Recherches sur les moyens de perfectioner les horloges et les montres a longitudes. Commencé en 10bre 1789. N° 24. Seconde partie. Journal horloges et montres a longitudes. Xbre 1789
	Etat des horloges marines appartenant au Roi en 1785. Et en 1793 A la République Francoise. Etat des réparations faites aux horloges marines du Roi en consequence des ordres des ministres de la Marine, par ferdinand Berthoud horloger mechanicien du Roi et de la Marine

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	**Berthoud, Ferdinand (1727-1807)**
Titre	**Journal des expériences et des recherches sur les horloges et les montres**
Volume	N° 3. I Partie. Suitte du Journal des experiences et reflexions faites sur l'horlogerie par Ferdinand Berthoud. 6e 8bre 1760 / N° 3. Journal d'experiences et de recherche sur l'horlogerie par Ferdinand Berthoud. Paris 6e 8bre 1760
Adresse	**[s.l.] : [s.n.], [1760-1763]**
Collation	**1 vol. (139 f.) ; 25 cm**
Nombre de vues	**283**
Cote	**CNAM-BIB Ms 51**
Sujet(s)	**Horloges et montres** **Horloges et montres - Expériences** **Chronomètres de marine** **Échappements (horlogerie)** **Horlogerie**
Thématique(s)	**Machines & instrumentation scientifique** **Trésors & unica**
Typologie	**Manuscrit**
Note	**Pour faciliter la lecture et la recherche, les abréviations ont été développées.**
Langue	**Français**
Date de mise en ligne	**06/02/2025**
Date de génération du PDF	**11/02/2025**
Notice complète	https://calames.abes.fr/pub/cnam.aspx#details?id=Calames-2020116101525252
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?MS51

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(31 Mars 1786 Rem.)

N° 3. I Partie

Table des Articles Contenus dans ce Livre qui ~~est la suitte~~ traite des Principes de Construction et d'exécution de ma grande horloge Marine

Page 1 & 2 Suitte des Principes de Construction de mon horloge Marine &c 8bre 1760

Page 2 Je propose des Rouleaux pour diminuer les frottemens des pieces de Balancier.

page 3 & 4 Experiences faite avec la Machine a Rouleau

page 6 Analise des Proprietés du Pendule

page 7 & 8 Suitte de la meme

page 9, 10 & 11 application de ces proprietés aux horloges Marines

page 12 13 14 & 15 Moyens de Compensation pour le chaud & le froid

page 15 & 16 Suspension de L'horloge

— page 17 18 : 19 du Rouage & de L'Echapement

— 20 & 21 J'y Rapporte un Extrait de M Bernoully sur les horloges

22 Jusques a 25 Suitte des Principes de Construction

26 Dimension du premier Balancier ~~fait~~ le 21 8bre 1760

30 : 31 32 Experience faite avec ce Balancier ~~roulant sur sa pointe~~ supporté par un Ressort

33 : 34 Le Balancier roulant sur sa pointe sur une plaque d'acier fort dur

34 : 35 Sur une Agathe Orientale

35 36 Sur un Diamant

36 Idée de Suspension à Ressort p. le Balancier

37 Experience de la durée de Mouvement du Balancier selon que les Vibrations sont lente ou promptes : avec la Suspension a Ressort

38 Suitte des memes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MS51

Suitte du Journal des Experiences et Reflexions faites sur l'horlogerie par Ferdinand Berthoud

6.e 8.bre 1760

~~Table~~ Suitte de la Table p.r l'horloge Marine

page 39 Essai du Echappement Isochrone
40 du Ressort Spiral ses qualités : Le Rateau de Spiral doit rouler dans des pivots
41 Pour diminuer le frottement des pivots de Balancier on fait rouler dans des pierres dures agatte orientale
42 jusques a 48 : de l'execution du Spiral Principes & Experience faite
49 & 50 Balancier libre en mouvement
53 autre Spiral refait
55 & 56 addition d'un Second Balancier necessaire pour ecarter l'effet des agitations
58 jusques a 61 de la Suspension de l'horloge addition d'une Boussole
62. 63 & 64 de la machine de Compensation
65. 66 Regulateur formé par les deux Balanciers achevé Experience
67 application du Rouage pour entretenir le mouvement des Balanciers
68 & 69 Le point de Suspension d'une Pendule doit etre inebranlable Les Ressorts Spiraux doivent avoir la meme condition essentielle
70 les Spiraux doivent etre dans un Etat non forcé
71 & 72 du feu requis a l'engrenage des Balanciers
73 jusques a 80 Marche de l'horloge & calcul de la force motrice
79 poids des Balanciers
81 jusques a 89 Experience pour rendre l'Echappement Isochrones
91 jusques a 94 Usage de l'horloge Marine pour la determination des Longitudes
95. 98 Experience des effets du chaud & du froid afin d'estimer le chemin que doit parcourir le Rateau de Compensation &c —
99 jusques a 108 detail du Calcul sur la Machine de Compensation
109 jusques a 114 Correction faite a la Machine de Compensation employé un chassis en place des barres

Bib CNAM

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 3 Table des Articles de ce livre -

Page 115 Experience de la Machine de Compensation
122 Jusques a 127 Calcul dimensions & Corrections de la machine de Compensation
128 : 129 130 & 131 Experience faite avec l'horloge Marine Dimension de quelques parties de la Machine de Compensation
132 & 133 Projet d'une horloge Marine a Pendule
134 : 135 & 136 Moyens de perfection pour l'horloge Marine
137 & 138 des divers moyens de determiner la Longitude en Mer
140 : Jusques a 143 Journal de la Marche de l'horloge Marine
144 Jusques a 148 Moyens d'employer un poids pour Moteur d'une horloge M.
149 Jusques a 162 Suitte du Journal Experiences Corrections &c de l'horloge Marine
163 Jusques a 192 Projet d'une horloge Marine d'un seul Balancier & a poids
194 Jusques a 198 Experiences faites avec l'horloge Marine
199 & 200 Experience pour Connoitre Combien l'horloge varioit du chaud au froid S'il n'y avoit pas de Machine de Compensat.
201 Extrait de la Gazette d'Utrecht : Article de Londre Les Commis assignent 2000 L. Sterli p. la decouverte de la Longitude du 15 Mars 1762
202 · 203 Correction a faite a Dans une Nouvelle horloge Marine
204 : Les Commissaires nommés par l'Academie vinrent voir mon horloge marine le 9 Juillet 1763
205 Jusques a 209 Correction faite a mon horloge Marine : Durée du Mouvement des Balanciers Libres avant & apres ces Corrections dont une est d'avoir diminué les poids que j'ai fait rouler dans du Cuivre apporté d'angleterre
210 Jusques a 221 Journal de la Marche de l'horloge,
208 Les deux Balanciers Libres le mouvement a duré 40'

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suitte sur les Recherches pour parvenir
a la Construction d'une horloge Marine

J'ai remplis cy devant l'objet que je metois
proposés c'est de construire & executer la
la Pendule Astronomique la plus parfaite
qu'il soit possible, et detablir, sur les Pendules
& les montres des Principes invariables fondés
sur les Loix des Mechaniques & verifiés par l'Experience
c'est l'objet que j'ai traitté dans mon Livre
qui a pour titre Essai sur l'horlogerie
aujourd'hui que j'ai terminé cet ouvrage il
faut travailler a de nouvelles recherches utiles
a la Societé, je ne puis mieux y parvenir qu'en
essayant de faire une horloge Marine qui
approche de la justesse de ma Pendule
Astronomique Nous avons parcourus cy devant
une partie des moyens que nous nous proposons
de mettre en usage pour parvenir a ce but
L'extreme difficultés ou plustot l'impossibilité
d'employer un Pendule pour le Regulateur
d'une horloge Marine nous a fait substituer
au Pendule le Balancier que nous appliquerons
en lui menageant tous les avantages dont il
est susceptible dont le plus considerable est davoir
son centre de Mouvement au centre de gravité
ce qui lui donne la proprieté de n'être point
susceptible des agitations quelconques du Vaisseau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous avons deja dit que le Balancier auroit un pied de Diametre : pour diminuer d'autant plus les effets du mouvement c'est a dire que ceux du Vaisseau ne puissent troubler l'Isochronisme des Vibration du Balancier nous lui ferons battre deux Vibrations par secondes. Et comme nous avons remarqué que le Balancier qui oscille librement fait un tres grand nombre de Vibrations lors qu'il est grand et se meut sur sa pointe nous le ferons mouvoir sur une pierre bien dure. Nous avons aussi remarqué que comme dans le Pendule lors que le Balancier libre decrit des grands arcs ils diminuent tres sensiblement et qu'il le fait un tres grand nombre de Vibrations lors quelles sont reduites a 90 ou 60 degrés celles cy sont donc plus Isochrones et puis quelles diminuent moins sensiblement que les grandes elles exigent une moindre force pour etre entretenues

Nous avons supposé qu'au moyen du genou + de suspension le Plan du Balancier se conserveroit toujours horisontal et que par consequent il se mouvroit toujours sur sa pointe ce qui ne pourra etre rigoureusement en sorte qu'il arrivera que dans de certains agitations il sera Incliné et par consequent le pivot rouleroit sur lui même or dans ce cas le frottement seroit plus grand ce qui changeroit necessairement la durée des Vibrations mais pour remedier a cet obstacle au lieu de faire rouler le pivot dans un trou nous le ferons rouler sur des rouleaux au nombre de trois de la même maniere que nous avons fait dans la Machine a Imperiens sur le Balancier representée planche — fig. de notre Essai sur l'horlogerie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cette maniere le frottement differera tri peu de celui de la pointe et d'autant moins ~~qu'il ne~~ que le Balancier ne peut devenir que tri peu incliné sans quoi le Vaisseau se Renverseroit d'ailleurs le ~~pa~~ Balancier ne peut s'incliner a l'horison que par des agitation du Vaisseau tri grandes et elles sont toujours de courtes durés —

Le Balancier ~~devra~~ faisant deux vibrations par seconde devra etre plus leger ce qui — diminuera d'autant sa pesanteur et par — consequent les frottements de la pointe conique du pivot Inferieur

Pour ne rien precipiter dans le choix des vibrations d'une seconde ou de demie secondes nous serons alternativement mouvoir le Balancier librement avec un Ressort Spiral qui lui fase faire ses vibrations en demie secondes et avec un autre plus foible pour qu'il les fase en une seconde

Experience sur l'effet des Rouleaux

La Machine que nous avons autrefois construite pour faire des Experiences sur les vibrations du Balancier qui se meut librement nous servira a determiner plus exactement les Principes que nous devons employer pour notre horloge Marine Elle est Representée cóme nous venons de le dire Planche ... fig .. de Notre Esprit sur l'horlogerie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4°. Description de cette Machine

Le Balancier a 22 lignes de Diametre et pese 7 gros 33 grains = 537 grains

Il est fixé au milieu de son axe chaque pivot se meut sur trois Rouleaux Lors qu'il est posé verticalement mais Lors qu'il est horisontal ~~le balan~~ le tourne sur sa pointe sur des plaques d'acier

Le Balancier est reglé par un Ressort spital qui Lui fait faire 80 Vibrations par minute

Lors qu'on fait Experience Le Balancier tourne sur sa pointe et qu'on Lui fait faire des Vibrations de 360°. elles sont Reduites a 5 degrés en 6 minutes

Lors que Le Balancier tourne sur Les Rouleaux et qu'on Lui fait faire des Vibrations de 360 d. elles sont réduites a 5°. en 2 minutes.

Donc L'on voit la grande Difference de frottements que le Balancier Lors qu'il est horisontal ou vertical puis que La durée de son mouvement Lors qu'il est horisontal est a sa durée Lors qu'il est Vertical comme 3 est a 1

Il suit encore de la que les Rouleaux ne diminuent en aucune sorte le frottement car si ce Balancier eut roulé tout Naturellement sur des pivots bien faits il auroit Conservé au moins autant son Mouvement —

Comme nous le verrons par L'experience cy Jointe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Balancier de ma Montre a Secondes fait
80 Vibrations (étant libre) sans s'arrêter lors qu'il
se meut horisontalement et il en fait 25 lors-
qu'il est vertical La durée du Mouvement
est a peu près dans le même Rapport que celle
du Balancier qui se meut sur des Rouleaux
ce n'est pas La seule Experience qui m'ait
prouvé L'Inutilité des Rouleaux que nous pouvons
rejetter comme une addition deffectueuse et
absolument ~~inutile~~ pour L'horlogerie elle
ne peuvent servir que dans le cas ou on
aurait de poids très considerable a faire
mouvoir par un mouvement Lent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour parvenir seurement a composer une bone machine pour mesurer le tems sur mer Il faut examiner avec une extreme attention, les causes de la justesse d'une bone Pendule Astronomique afin de suivre s'il est possible la même marche en substituant aux horloges Marine l'Equivalent le plus approchant — Nous allons donc parcourir les proprietés des Pendules

Les Experiences que nous avons faites sur la Pendule Libre nous ont fait voir que lors qu'il est bien suspendu et disposé Il peut vibrer pendant ~~2~~ deux jours etant abandoné a lui même lors qu'on lui a fait decrire des arcs de 10 degrés, voici les causes de la grande durée du Mouvement du Pendule

1° La grande pesanteur de la lentille exige comme nous l'avons fait voir chap. que la Puissance qui la met en Mouvement soit grande, ~~et~~ ainsi la force quelle acquiert par la est en même raison or plus la Lentille ~~contient~~ est grande & pesante et plus la Resistance de l'air diminué : Une grande Lentille pesante donne a celle grande quantité de Mouvement et peu de resistance de l'air elle tend donc a conserver le Mouvement imprimé

2° la seconde cause vient de la Suspension du Pendule dont le frottement est Infiniment petit par la raison que l'espace que parcourt la Lentille est ~~infiniment~~ beaucoup plus grand que celui ~~que~~ parcourt le point de suspension ; cette resistance sera d'autant plus petite que la lentille sera distante du point de suspension c'est a dire que le Pendule sera long l'angle du Couteau restant toujours le même d'ailleurs le frottement de la suspension du Pendule se fait par le developpement de l'angle du Couteau or cette espece de frottement est la plus favorable

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Le point de suspension du Pendule etant formé par des parties très dures elles ont très peu de frottement par consequent cette resistance est presque constante ainsi que celle de l'air ce qui ne change pas sensiblement la durée des vibrations

4 C'est comme on le sait l'action de la pesanteur qui produit les vibrations du Pendule : or cette action est ~~uniforme et~~ constamment la même donc suit l'egalité des vibrations du Pendule ~~dans les arcs~~ car que l'on eloigne un Pendule de la verticale et l'abandonne ensuitte a lui même il continuera a faire des vibrations allant et revenant sur lui même or si on suppose pour un instant qu'il n'eprouve ni resistance de la part de l'air et de la suspension il fera toutes ses vibrations de la même etendue et par consequent de la même durée, et quoi que le Pendule eprouve de la resistance de l'air et que la suspension aye du frottement il arrive qu'il lors qu'il est bien disposé il fait un très grand nombre d'oscillation qui ont ~~toutes~~ sensiblement la même etendue et par consequent la même durée

5 Un Pendule avec les proprietés que nous venons de remarquer etant bien disposé on voit qu'il faut une force motrice suffisiment petite pour en entretenir le mouvement, et que par consequent cette force motrice ne doit pas troubler l'isochronisme des vibrations puis que la quantité du mouvement du Pendule ne peut etre interrompue par l'inegalité de la force motrice

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est singulierement de cette difference considerable entre la quantité de mouvement du Pendule avec et la force motrice qui constitue la justesse des Pendules. Car il pourroit encore arriver quand malgré les proprietés que nous venons de remarquer au Pendule l'horloge ou il seroit appliqué feroit des ecarts considerable : C'est dans le cas ou on feroit la force motrice telle quelle fut capable de donner le mouvement au Pendule au sortir du repos (Comme cela se fait dans les montres) ~~apparoir au repos~~ on ne pourroit pas attendre plus de justesse de cette machine que d'une Montre # puis que cette justesse dependroit de l'uniformité du Moteur, or la force transmise au Regulateur varie par la Coagulation des huiles ~~ou~~ par les frottement du Rouage par la Condensation des huiles par le froid &c. ~~ainsi~~ La force motrice etant plus grande que celle du Regulateur celui cy suivroit les impressions ~~de la pre~~

Pour que les oscillations du Pendule soyent isochrones il faut donc que la force motrice ne fasse que restituer la force que le Pendule perd a chaque oscillation mais il est bon de remarquer qu'il faut que le point de suspension soit parfaitement inebranlable. et solidement arrêté sans qu'on le moindre mouvement ou flexion qui auroit changeroit la durée des oscillations

a moins que l'on adaptat a une telle Machine un Echappement qui eut la proprieté de rendre isochrones les vibrations du Pendule malgré l'inegalité des arcs qu'il decrivoit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Application des propriétés du Pendule aux Horloges Marines

La dernière Remarque que nous venons de faire sur la Necessité de rendre très fine le point de suspension du Pendule sert à nous faire voir l'Impossibilité de se servir d'un tel Regulateur pour les Horloges Marines continuellement exposées à ~~tous~~ sortes de Mouvements. Le Balancier est donc comme nous l'avons dit le seul Regulateur applicable à une Machine qui éprouve ~~des~~ changements de position, ce qui vient de ce que le Centre de Mouvement du Balancier est le même que celui de gravité ~~gra~~ 1° en faisant une Balancier pesant il éprouvera une moindre résistance de l'air de même que le Pendule, sa quantité de Mouvement augmentant et la Resistance de l'air etant diminuée par le

2° En faisant le Balancier fort grand, comme d'un pied de Diametre par Exemple on diminuera a proportion le frottement du pivot. Mais pour le diminuer encore mieux il faut faire tourner le Balancier sur une pointe conique très dure. Il y aura donc peu d'espace parcouru par le point qui supporte le Balancier et par consequent moins de frottement, Mais il faudra avoir attention a conserver toujours sensiblement le Balancier horisontal pour éviter les frottemens qui se feraient sur les cotés du Cone.

~~Il faut~~ par Exemple ou de Diament

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La 4e proprieté du Pendule est celle qui est le plus difficile de substituer au Balancier. C'est cette action qui propre a produire des oscillations et d'une maniere uniforme. Le Ressort spiral est pourtant le seul agent applicable mais on sait qu'il agit avec plus ou moins de force selon qu'il fait chaud ou froid ce qui fait par consequent accelerer ou retarder ~~la durée~~ les oscillations du Balancier. J'ai expliqué dans le livre No. 2: la maniere dont je pretend remedier a cet obstacle on la trouvera aussi page 7e.

Le Spiral opposera un frottement dans ses parties entortes qui ne rend pas au Balancier la force qu'il a ~~coûté~~ pourtant mis en mouvement

Lorsque le Balancier libre decrit de grands arcs ils ~~diminuent~~ diminuent et changent sensiblement d'Etendue ainsi il faut une grande force pour en entretenir le mouvement: Mais au contraire lors qu'il decrit de petits arcs il s'en fait un grand nombre de même Etendue et par consequent les oscillations sont alors sensiblement de même durée et la force requise pour en entretenir le mouvement est tres petite et differe beaucoup de la force de mouvement du Balancier. Il faut donc faire decrire de petits arcs au Balancier et ne donner pour force motrice que la quantité requise pour restituer au Balancier la force que la resistance de l'air et le frottement de la suspension lui font perdre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais il est bon de remarquer que dans ce
Cas la force Motrice n'étant pas suffisante
pour rendre le mouvement au Balancier
Lors qu'il est arrêté. Comme cela se pratique
dans les Montres Il faudra Les mettre en
Mouvement comme on le fait aux Pendules
ce qui ne souffre aucune difficulté : Il n'en
est pas de même des Mouvements du Vaisseau
Sur le Balancier Car ces agitations pourroient
être telles qu'elles arrêteroient le Balancier et celui
cy ne pouvant être remis en Mouvement par
la force Motrice La Machine resteroit arrêtée.
d'effaut considerable Qui seroit aussi d'effectueux
que si l'horloge variait Mais nous avons heureuse
ment un Moyen propre a prevenir cet Incon
venient en conservant au Regulateur toutes les
propriétés du Pendule — C'est de faire des
Balanciers dont les axes portent des Roues qui
s'engrenent et se Communiquent le Mouvement
de la même Manière que de l'on appliqué
aux Montres ~~par de cette Manière~~ par ce Moyen le aucune
agitation ne pourra deranger leurs ~~Vibrations~~ vibrations
ils auront une grande quantité de Mouve
ment et la force Motrice sera très petite
en Comparaison et par consequent Incapable
par ses changements de deranger l'Isochronisme
des Vibrations. Il Resultera même de cette
disposition un Avantage c'est que chaque
~~Pivot~~ pivot conique ou pointe de l'axe ne
Supportera que la moitié du poids qu'il
est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porté s'il n'y eut eu qu'un seul Balancier ayant la même pesanteur que les deux ensemble. Il est vrai que par la ~~la resistance de l'air~~ ils esprouveront une plus grande resistance de l'air : mais cette resistance est infiniment moins dangereuse que le frottement des axes.

Quand aux ecarts produits par la difference de temperature nous esperons en venir aussi heureusement a bout dans les ~~Machines~~ horloges marines que nous l'avons fait pour les Pendules astronomiques et pour les Montres, nous employerons les Dilatation de plusieurs verges les quelles feront mouvoir le Rateau de Spiral ~~nous~~ Nous allons expliquer le Mechanisme et la maniere d'en faire Usage

Lors que la Machine Marine sera executée pour pouvoir juger des ~~effets~~ du chaud et du froid je la placerai ~~alternativement~~ d'abord au froid de la glace et ensuitte a une temperature de 4°. au dessus je noterai exactement les ecarts quelle fera ensuitte plaçant l'horloge dans un air temperé je tournerai l'aiguille de Rosette en avant jusques a ce quelle fase autant avancer l'horloge que le froid la faite avancer, dans ~~l'experience~~ le tems donné par l'experience. Je tournerai ensuitte l'aiguille en arriere et ferai retarder l'horloge de la même quantité que la chaleur la faite retarder, je marquerai sur le cadran

|| J'aurai attention que l'horloge soit pendant tout le tems de l'experience a la même temperature

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

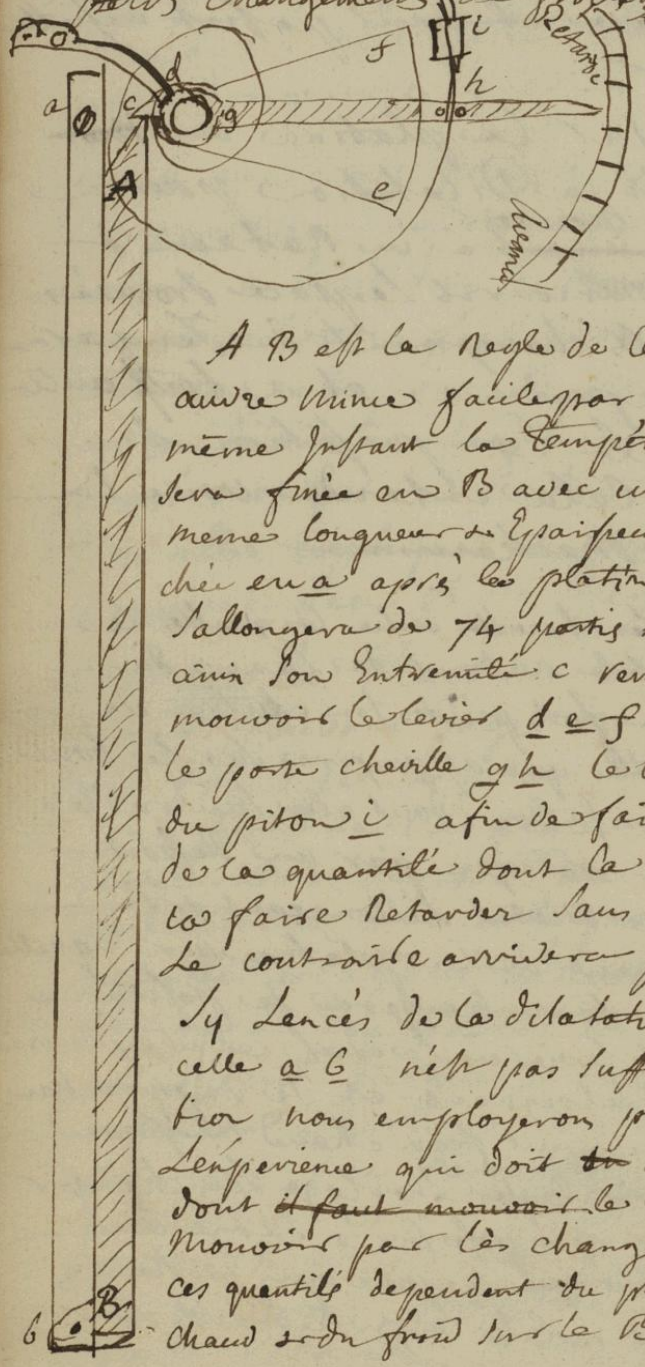
les points en question cela connu j'aurai
la quantité dont il faudroit fournir l'aiguille
de Rosette pour conserver pochrons les
vibrations du Balancier quoi qu'il eprouvat
le froid de la glace et qu'il parvint ensuitte
a 40° de chaleur

Je placerai donc sur la platine une ~~tige~~
verge composée dont la Dilatation pourra
~~produire un Mouvement~~ faire mouvoir a un Rateau et
~~capable de~~ et lui faire parcourir l'espace trouvés
lors qu'il eprouvera les changements de Temperature
dont par l'experience, et a toute autre
degré quelconque la Compensation se
fera egalement, Cela entendu voici la
disposition de ce Mechanisme

La piece qui portera les chevilles entre lesquelles le
Spiral passe sera mobile autour de l'axe du
Balancier elle portera fort pris de son centre de
Mouvement une cheville qui appuyera sur le bout
de la verge de Compensation dont elle suivra le
mouvement y etant obligée par un Ressort —
Il est aisé de voir que ce Metal s'allongeant et se
Raccourcissant differement de la platine sur laquelle
il est fixé son autre bout changera de position
par rapport au petit levier du Spiral celui cy decrira
une portion de cercle en s'eloignant et se rapprochant
du piton du Spiral selon qu'il fera chaud ou froid —
Mais comme il faut pouvoir Regler l'horloge sans changer
la position de la piece qui pose sur la verge de
Compensation : Il faut que la piece qui porte les
chevilles a Spiral soit mobile a frottement sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le Centre du levier de Compensation ensorte quelle puisse être tournée separement lors qu'il en est besoin pour Regler L'horloge. soit par les petits changements de frottements huiles &c



A B est la regle de Compensation elle est de cuivre mince facile pour la a esprouver dans le même instant la temperature du spiral. cette regle sera finie en B avec une Regle d'acier a b de meme longueur et Epaisseur que A B, elle sera attachée en a après les platine Lors donc que a b Sallongera de 74 parties A B Sallongera de 121 ainsi pour Entrevalle c remontera devers d et fera mouvoir le levier d e f lequel porte a frottement le porte cheville g h le bout h devra donc Seloigner du piton i afin de faire avancer L'horloge de la quantité dont la chaleur auroit dut la faire Retarder sans cette Compensation le contraire arrivera par le froid

Si Lencés de la dilatation de la verge A B sur celle a b n'est pas suffisant pour la Compensation nous employerons plusieurs verges C'est L'experience qui doit ~~to~~ determiner la quantité dont ~~il faut mouvoir~~ le levier e d f g doit se mouvoir par les changements de temperature ces quantités dependent du plus ou moins d'action du chaud et du froid sur le Balancier et sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Spital : et du plus ou moins de chemin qu'il faut faire faire au porte cheville du Spital : pour faire avancer ou retarder l'horloge nous ne pouvons donc pas determiner toute les dimensiqz des Verges et de leur point de contact sur c. L'experience faite de ces manieres que nous avons dit ce Reste sera facile -

Quoi que nous ayons etablis que plus le Balancier sera pesant et que moins il eprouvera de frottement de l'air, il est bon d'observer qu'il y a des limites assez etroites, Car chaque pointe conique de l'axe du Balancier devant supporter toute la Masse du Balancier si celui cy etoit trop pesant il affaisseroit la pointe qui se dechirant causeroit un grand frottement et fort nuisible. Cette pesanteur le seroit surtout dans ce cas ou les Balanciers seroient Inclinés et par consequent le frottement se faisant alors sur la Circonference du pivot ou cone la Liberté des Vibrations en seroient alterée

C'est pour parer l'obstacle dont nous parlons qu'il faut placer chaque Balancier au milieu de la longueur de l'axe afin que lors que le plan du Balancier n'est pas horisontal sa pesanteur se divise sur chaque pivot

Lorsque le frottement qui se fait sur les pivots lors que le Plan des Balanciers n'est pas hori-

Jontal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est très considerable nous employerons ~~pour~~ les moyens possible pour conserver la position des Balanciers toujours horisontale ou sensiblement Pour cet effet l'horloge sera attachée a un espece de Pendule dont la Suspension sera un genou a frottement fixé au Vaisseau le plus pré possible du Centre d'Oscillation,

Le Pendule sera chargé d'un gros poids condensé dans une boite quarrée de bois afin quil eprouve plus de Resistance de l'air. Le frottement du genou sera tel que lors que le Vaisseau deviendra Incliné du coté quelconque, la pesanteur du poids ne sera qu'un peu plus grande quil n'est ~~~~ besoin pour Vaincre ce frottement de Maniere que le Pendule ne pourra pas avoir un Mouvement d'Oscillation et il Restera cependant sensiblement toujours perpendiculaire a l'horison car des que le Vaisseau s'inclinera l'excedent du poids du Pendule sur le frottement du genou le Ramenera dans la Verticale a Mesure que le Vaisseau Sagitera or les Plans des Balanciers etant perpendiculaire au Pendule ils seront toujours sensiblement dans une position horisontale ou au moins la difference qu'il y aura ne pourra pas deranger l'Isochronisme des Vibrations.

Cette position des Balanciers est très avantageuse car en outre les raisons cy devant on voit que les Balancement du Vaisseau ne se font pas dans le Plan d'oscillation du Balancier mais quils lui sont perpendiculaires

~~On peut placer l'horloge dans cette boite même~~ ~~ensorte que le poids propre de la Machine servira et on proportionnera le frottement au poids de la boite ou Pendule~~

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le cas ou le Vaisseau prendroit une très grande inclinaison et qu'il seroit prêt a être renversé un seul ressort ne le fesoit pas la fourchette ne permettant qu'un certain angle ~~etc~~ il faudroit donc en mettre deux pour prevenir

Après avoir établis les Principes qui doivent nous diriger pour ~~Notre~~ Regulateur de 10
Notre Horloge Marine, il est a propos de parler de la distribution de L'Echappement et du Rouage

Le Moteur d'une telle Machine ne peut etre un poids car les agitations du Vaisseau tendroient a en diminuer et a augmenter ~~l'action~~ alternativement l'action, Nous employerons donc un Ressort, dont la force sera rendue egale au moyen d'une fusée

En parlant de L'effet des Ressorts chap. nous avons fait voir que plus un Ressort a de vitesse et fait des vibrations approchantes du Spiral qui est continuellement agité en sens contraire nous avons dit je prouvé qu'un tel Ressort conserve plus son Elasticité, ainsi il faut que L'horloge se remonte tous les jours et qu'il fasse plusieurs tours en 30 heures il peut faire 6 tours par jour

La force transmise par le Moteur change necessairement par les frottements par L'Epaississement des huiles par L'effet du chaud et du froid sur les huiles et sur le Ressort Moteur ainsi L'Etendue des arcs du Balancier peut donc changer et par consequent la durée de ses vibrations pour corriger ces inegalités Nous employeron-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'Echappement Hochwry lequel nous executerons de maniere que lorsque on augmentera ou diminuera la force Motrice les Vibrations soyent de même durée

Les arcs parcourus par le Balancier pourront être de 90 degrés ou 100 degrés au plus —

Les Balanciés seront de cuivre doré ~~doré~~ par la moins sujets a se Rouiller et a l'abri des effets du Magnetisme les Barrettes seront tranchantes et le cerlle sera un peu d'aneau afin de diminuer l'effet de l'air

chaque Vibration des Balanciés sera d'une seconde, Nous nous etions proposés de les faire de demies secondes mais comme nous mettons deux Balanciés on peut s'en dispenser afin d'eviter l'espace parcourus et de les faire plus pesants — Le Rouage en sera aussi plus simple

Pour que l'horloge marche pendant qu'on la remonte nous employerons une detente comme pour nos Pendules a secondes et dont un bout couvrira le trou afin que l'on ne puisse remonter l'horloge sans deplacer la detente et par consequent sans la faire agir sur le Rouage

Le Ressort Spiral sera trempé bien dur afin qu'il ~~Ressorti~~ sensiblement ~~la force~~ qui lui a imprimé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avant de travailler au Rouage il faut comencer par executer le Regulateur daprés les Principes de Construction que nous venons de doner
La Durée du Mouvement du Regulateur determinera la force requise pour entretenir les vibrations : et cette force servira a finir les Diametres des Roués afin de les proportionner a leffort quelles ont a vaincre, tout cela donés on aura aussi la force du Ressort Moteur

Toutes les Roués seront posées horisontalement ainsi toute leurs pesanteurs seron portée par les bouts des pivots ce qui diminuera dautant le frottement

Remarque les Experiences que nous avons faites sur les Oscillations du Pendule Libre ou appliqué a L'horloge servent a nous Convaincre que le Pendule nest le Regulateur de L'horloge qu'autant que la lentille est pesante et oppose la moindre resistance et que le Pendule est Long. car dans un tel Pendule quel qu'en soit L'Echappement si on double ou triple la force Motrice la justesse de L'horloge n'en est pas Sensiblement derangée, mais lors qu'on employe un Pendule court une lentille legere pour peu que lon change la force Motrice on derange le Isautochronisme des Vibration voyés chap. le meme Raisonement est Icy applicable pour les horloges Marines

Le 14 8bre 1760

La Lecture que je vien de faire de Lencellen Memoire de M Daniel Bernoulli sur La Meilleure Maniere de trouver L'heure en mer (a) M'encourage a suivre le Plan de la Machine ~~que~~ dont je vien de donner les Principes de Construction, puis que J'ai eu le bonheur de penser a peu pri les mêmes choses que ce grand homme et de me rencontrer avec lui sur beaucoup d'articles, et J'avoue que J'en suis très flatté car ~~tout~~ presque ce que dit M. Bernoulli sur les Machines qui mesurent le tems est très Juste profond et bien vu et remplis de details les plus Interessants, et depuis Le Traité des horloges d'huiguens ~~et ne l'est~~ on n'a rien ecris de mieux sur cette partie de ~~l'horloger~~ la Mesure du tems — C'est Le Le chap: 2d pag 21 de son Memoire dans Les pr: verser il expose la Necessité d'avoir une horloge marine qui soit exacte — voici ce qu'il dit

„Ce qui m'engage a ces recherches c'est que souvent „on ne peut trouver L'heure sur Mer sans Conoitre „de certains Intervales de tems, et quoi servirait d'ailleurs „le plus souvent de conoitre pour un Moment L'heure „par observation, si l'on ne pouvoit Conserver cette

(a) Ce Memoire remporta le prix de 1747 Mr L'Abbé de La Caille m'a prêté ce livre a la fin de Septembre 1760: C'est a dire longtems après le projet de mon horloge de mer dont J'ai jetté le fondement en 1754

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

„connoissance par le Moyen des horloges Marines
„pendant un certain tems? La question proposée
„par L'academie seroit d'après peu d'utilité si l'on ne
„pouvoit rapporter ~~le~~ L'heure trouvée à L'heure
„marquée par L'horloge et c'est ce Rapport
„qui la rend entierement interessante —
„La Mesure du tems absolu sur mer était
„donc toujours si utile & souvent si necessaire
„pour la Solution de Notre Question J'ai cru
„de mon devoir d'apporter toute L'attention
„possible a cet article ——

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suite de Nos Reflexion pour servir a la Composition d'une horloge Marine
Le 17e 8bre 1760

apres avoir reflechis avec beaucoup d'attention sur l'effet du Regulateur composé de deux Balanciers, Il m'a paru que ~~deux~~ deux Balanciers auroient beaucoup moins de liberté et que par consequent ce Regulateur abandoné a lui même seroit beaucoup moins d'Oscillation que s'il etoit fait avec un simple Balancier Car il faut que chaque oscillation le Balancier qui ~~porte~~ le spiral ramène l'autre qui va toujours en sens contraire et qui est par la continuellement en opposition avec lui ce qui arriveroit lors même que l'on mettroit ~~deux~~ un spiral a chaque Balancier Il faudra donc ~~une~~ plus force motrice ~~plus grande~~ pour ~~en~~ entretenir le mouvement de deux Balanciers qu'il n'en faudroit pour un seul qui auroit un même poids et decriroit les arcs de meme Etendue : Je revien donc au simple Balancier ne pouvant l'abandonner qu'a regret d'autant moins que la Machine la plus simple est presque toujours preferable Il est vrai que nous retombons dans le defaut que nous vollions eviter c'est a dire que la force motrice n'etant que suffisante pour entretenir la vibration du Balancier il pourra arriver que de balancement du Vaisseau un peu fort pourroient tri bien arreter ~~le Bala~~ l'horloge, ou ~~bien~~ augmenter les oscillation du Balancier Mais pour prevenir cet obstacle le plus qu'il est possible nous ferons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

battre deux Vibrations par seconde au Balancier
et si l'experience nous apprend que ~~cette puisse~~
l'horloge puisse s'arreter par quelques ~~Balancement~~
agitations du Vaisseau, nous en arreterons l'effet
en augmentant la force Motrice de maniere a
remettre le Balancier en Mouvement pour
cet Effet : Nous disposerons l'horloge pour que
le Balancier decrive des tres petits arcs, comme
de 20 ou 30 degrés, l'Echappement sera
tellement arrangé que nous pourrons augmenter
ou diminuer l'action du Moteur sur le Regulateur
de la même Maniere que nous l'avons
mis en Usage ~~qu'~~ notre Pendule d'experience ~~pour~~
~~compoter l'echap~~ les Effets du Pendule libre on
appliqué a l'horloge voyez chap — ~~30~~
or au moyen de l'Echappement Isochrons nous
rendrons nuls les Inegalités que nous avons dites que
le Rouage transmettroit dans ce Cas au Regulateur
Car en Supposant que les oscillations ~~du Regulateur~~ du Balancier libre
soient Constament de même durée et que ni les
frottements de ses pivots ni l'effet du chaud & du
froid sur le Spiral & le Balancier n'en changent
la durée il est evident que les Inegalités de la
force motrice (supposée ~~comme~~ aussi grande pour donner
le Mouvement au Balancier) se reduira a changer
l'Etendue des Vibrations du Regulateur mais nous Suppo-
sons que l'Echappement a la proprieté de rendre
Isochrones ces oscillations de grandeurs differentes donc
la Machine ira encore constament ~~dans~~ ~~sans~~ même que
la force motrice sera aussi puissante pour rendre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rendre le mouvement au Balancier ainsi que cela se pratique dans les Montres (a)

Il faut observer par Rapport aux Montres que quand même on adapteroit leur un Echappement Isochrone qu'il ne s'ensuivroit pas de la quelle allaient Constamment ; puis que la durée des Vibrations du Balancier d'une Montre change par la Coagulation de l'huile des pivots par leur frottement ~~de ces mêmes pivots~~ par l'action du chaud & du froid sur le Spiral et sur les huiles : cette observation sert a prevenir l'Idée que l'on pourroit avoir que je me contredis & que ce que je vien d'Etablir pour l'horloge Marine est Paradoxe, Mais j'ai supposé que la disposition du Regulateur de cette Machine Comme elle est expliquée cy-devant rendroit nulle les effets du chaud & du froid sur le Spiral et que les frottements de ce Regulateur sont reduits de maniere a ne pouvoir changer la durée des Oscillations supposition qui ne peut etre applaquée aux Montres — et que nous demontrerons avoir lieu dans le Cas actuel

Au Reste Nous aurons attention a disposer le Rouage de cette Machine de Maniere que les Inegalités soyent insensibles soit pour le Ressort Moteur soit par les pivots — engrenages &c. Nous pouvons d'ailleurs appliquer la proposition sur les huiles page de l'Esprit savoir que lorsque la force de Mouvement du Corps est grande

(a) au reste nous n'abandonnons pas encore le Principe de ne restituer ~~Il est avoué~~ au Balancier que la force qu'il perd a chaque Vibration ou un peu plus car les oscillations du Vaisseau sont au mois de 4 chaque or pendant ce tems le Balancier entera huit ainsi quand même un ~~Oscillation~~ Balancement du Vaisseau agiroit tellement sur l'horloge qu'il diminuat son oscillation il ne pourroit au plus que de la moitié du 8me de son Etendue

Les Inegalités produite par l'Epaississement des huils a un ~~plus petit~~ moindre rapport avec cette force qu'elle n'auroit si la force de mouvement etoit tres petite or nous aurons ici un grand Balancier pesant avec des Vibrations assi prompte Consequemment La force de Mouvement sera grande aussi que celle du Roulage

Voila les Remarques Preliminaires qui ont dut precedder L'Execution de mon horloge Marine c'est a L'experience a Justifier ou a detruire les Principes de Construction que Je vient d'Etablir quel qu'en Soit le Succès J'ai essayé de prevenir tous les Obstacles et de Reunir tout ce qui peut contribuer a La Justesse de La Machine nous rendrons compte ci apres du Succès occasiné que Je lui a Son Execution Je Continuerai a rendre Compte de ces differents details, S'il sont un peu long Je ne les crois pas Inutile il est bon dans un art de conoitre la marche de L'esprit qui Compose et de la main qui Execute par même en Executant L'artiste qui a du genie trouve encore le moyen de perfectioner d'ailleurs il n'est souvent des obstacles qui ne peuvent etre prevus et qu'il faut cependant vaincre

~~Non N'abandonnons pas encor~~

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai fait faire le Modele en bois d'un Balancier qui ait un pied de Diametre et dont le poids soit d'environ de 4 ℔

21e 8bre 1760

Ce Balancier est actuellement executé et fini il pesoit 5 ℔ 9 onces en sortant de la fonte et fini il pese 3 ℔ 9 onces 6 gros

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du 25. 8bre 1760

aprés avoir longtems reflechis aux moyens de diminuer le plus qu'il est possible les frottements de la suspension du Balancier ~~lequel~~ je vien enfin de faire attention que le Balancier de crivant de petits arcs (ainsi que nous l'avons dit) nous pouvons le faire a mouvoir comme un Pendule sur deux Couteaux formé au milieu de la lame c'est à dire au Centre de mouvement du Balancier et alors le pendule Regulateur devra etre Vertical et dans ce cas d'inclinaison il portera ~~sur la~~ partie sur la pointe de partie sur le Couteau cette Methode seroit sans contredit la meilleure mais il faut observer que les Oscillations du Balancier seroient dans le Plan d'oscillation du Vaisseau et qu'ainsi elles pourroient etre derangées par les Balancements de celui ci

Remarque du 31. 8bre 1760

Le Balancier se mouvant sur des Couteaux comme nous le venons de dire exigeroit necessairement que la Machine conservat toujours la position horisontale : car par la moindre inclinaison le Couteau porteroit en frottant sur la gouttiere le Spiral entrainant le Balancier avec lui selon que le Vaisseau ou la Machine seroit inclinée : or on ne peut pas supposer une telle perfection dans la suspension que la Machine ne soit sujette a etre inclinée : or cette disposition du Balancier rendroit l'horloge très defectueuse cette idée ne vaut donc rien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'Examen que nous avons fait de la maniere de faire mouvoir le Balancier nous apprend donc que nous devons nous en tenir a le faire rouler sur la pointe dans un trou d'agathe sardoine, ainsi que nous l'avons expliqué ci devant en le plaçant au milieu de la Longueur de l'axe

Le Balancier a actuellement exécuté ainsi que la boite qui doit lui servir de cage et de boite pour le Mouvement nous allons maintenant travailler au Reste de la Machine en Comencant dabord a faire vibrer le Balancier —

Il faut que le fond du trou qui supportera le poids du Balancier soit formé par une petite courbure Concave ~~au fond~~ milieu duquel la pointe portera toujours sans toucher aux parois du trou au moins que le Balancier ne soit incliné

Les pivots seront bien fins et courts l'axe ~~ne~~ sera ~~pas~~ aussi foible pour pouvoir flechir en cas de choc ce qui evitera que les pivots ne cassent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Experience faite le 1er Novembre
sur les vibrations du Balancier 6 — dont
le Diametre est d'un pied & le poids 3.lt 3.on 6 gros

Je l'ai suspendu par son Centre horisontalement
par un bout de Ressort plat de Pendule que j'ai fait
entrer a force dans le trou du Balancier

J'ai fait vibrer ce Balancier, pinci le Ressort
a l'Etau renversé : ensuite pour que les oscillations
du Balancier soyent de demie Secondes
elles ont duré fort peu de tems —
ayant allongé le Ressort c'est a dire pinci
plus loin du Balancier alors les vibrations
qui etoient d'une seconde ont duré 15 minutes.
le Balancier decrivant d'abord 30 degrés et ensuite
5.d
ayant aminci le Ressort les vibrations ~~d'une~~
seconde ~~ont duré comme le reste de la dire~~ étoient alors
5.m. Les vibrations de

ayant aminci le Ressort les vibrations se
faisoient en 2 Secondes le mouvement du
Balancier a duré 30.m en partant des memes arcs
et reduits a 5.d
J'ai encore aminci le Ressort les vibrations
se font en 6 Secondes le mouvement du
Balancier a duré 1.m 1/2

Remarque
Dans ces trois Experiences le Balancier a decrit
les memes arcs et le tems de la durée de son
mouvement a été ~~d'autant~~ plus grand que
les vibrations sont lente : mais ce qu'il faut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien observer c'est que le Balancier a fait a chaque
Experience le même nombre de vibrations
savoir Lors que les vibrations etoient d'une Seconde
Le mouvement a duré 15.m c'est a dire 15 fois 60 —
= 900: Vibrations
Lors que les Vibrations etoient de 2 Secondes le mouve-
ment a duré 30.m C'est a dire 30 fois 30 = 900.vib
Enfin Lors que les Vibrations etoient de 6 S.
ou 1/10 par minute
Le mouvement a duré 90:m = 900:vib —
a quoi attribuer cette difference de la durée du
mouvement? est ce a la moindre resistance
du Balancier dans l'air ou au moindre frotte-
ment du Spiral? Car d'ailleurs La durée du
mouvement ayant été en raison inverse de la
vitesse des vibrations La force Requise pour donner
le mouvement au Balancier ~~devant etre~~ ~~augmenter~~ but d'diminuer
sensiblement Comme le quarré des tems des vibrations
ainsi en donnant une moindre force au Balancier
La durée de son mouvement a été plus grande

Nous observerons par rapport a cette maniere
de suspendre Le Balancier que lon évite a
La verité le frottement des pivots puis qu'il
n'en a point et que tout le poids est soutenu
par un Ressort comme le seroit un Pendule
par une suspension a Ressort: Mais alors il pourroit
faire en même tems des vibrations circulaires
tandis qu'il Balanceroit en tournant ce qui
~~ne peu~~ arriveroit Necessairement pour peu qu'il eprouvat quelques

chose ce qui ne peut manquer d'arriver et de deranger la durée des oscillations ~~etc~~ si l'on mettoit un axe au Balancier pour empêcher les oscillations ou balancements du plan pour peu que la machine fut inclinée le Balancier presseroit les pivots contre les parois des trous de la même maniere qu'il le feroit s'il tournoit tout simplement sur son axe Nous revenons donc encore a cette methode qui nous paroit exempte des plus grands defauts nous ne nous determinerons sur le choix des vibrations qu'après ~~ou~~ avoir fait experience sur la durée du mouvement lors que les vibrations sont lentes ou promptes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 2e 8bre

ayant fait executer l'axe du Balancier j'ai fait mouvoir le Balancier dans la cage formée par la boîte même les pivots roulans sur une plaque d'acier bien dur,
l'axe du Balancier est trempé dans toute sa longueur qui est 6 pcs les pointes sont les plus dures qu'il a été possible, mais comme l'axe exige une certaine grosseur je n'ai pas pu les faire aussi dure que je l'aurois desiré
j'ai adapté un ressort de pendule a 8 jours sur l'axe pour servir de spiral
ayant mis en ~~vibration~~ mouvement le Balancier ~~ils~~ a fait des vibrations de 10 secondes ~~ils ont~~ Le mouvement du Balancier a cessé au tres peu de tems : ce qui a été produit par le frottement de la pointe qui s'est emoussée et qui a marqué la plaque d'acier
Pour avoir des pivots aussi dur qu'il est possible voici le parti que j'ai pris : j'ai ~~du~~ formé a chaque bout de l'axe des tigerons de 9 lignes de longueur sur lesquels j'ai ajusté avec beaucoup de soin deux canons de cuivre de 15 lignes ils entrent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a frottement sur les tigerons L'excédent
des canons de cuivre est agrandis par le
bout pour recevoir deux tempons d'excellen
acier : ce sont ces tempons que l'on peut
changer quand on veut qui portent les
pivots auxquels on donne toute la dureté
que peut recevoir l'acier J'ai ainsi executé
cet ajustement et tellement que l'axe
du Balancier est parfaitement rond
alors que j'ai eu chassé les tempons ou
pivots qui sont tournés a part J'ai
fait revenir toute la partie du tempon
qui entre dans le canon de cuivre et
une partie du pivot qui etoit formé
avant de le tremper et j'ai laissé
la pointe du pivot de tout le dur de
l'acier dont la bonté est telle que le
meilleur burin et ni la lime n'ont pu
l'entamer c'est cette pointe sur lequel
doit rouler le Balancier : J'ai fait arran
ger par le Lapidaire une agathe orientale
pour servir a supporter cette pointe
cela fait j'ai fait mouvoir le Balancier
qui se meut beaucoup plus librement qu'au
paravant mais pas autant que je l'aurai
desiré ayant levé le Balancier j'ai trouvé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'agatte etoit ~~p~~ marquée et ~~d~~ usée par la pointe du pivot ~~et que celui qui~~ La pointe s'est aussi un peu rongée — Je tacherai donc de faire rouler le Balancier sur un Diamant je prendrai pour cela une rose dont la table est platte

Le 3e 10bre

J'ai mis une Rose pour supporter le Balancier retablis la pointe que l'agatte avoit galée en cet ~~etat~~ Les vibrations qui sont ~~dans~~ deux secondes ont opéré pendant 10m depuis 170 a 0 ?

Le 4e xbre

J'ai demonté le Balancier la Rose n'est point marquée mais j'ai remarqué que la pointe du pivot est un peu affaissée ce qui est cause par le grand poids du Balancier cet espece de frottement etant tres nuisible j'ai pris le parti de suspendre le Balancier par un Ressort bien trempé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui soit tri mince et etroit : Le frottement que ce Ressort eprouvera sera Constament le même ce qui ne pourra causer aucune variation a L'horloge il ne restera plus que le frottement sur la Circonference des pivots lequel sera Infiniment petit et par consequent Constant car La position du Balancier etant toujours sensiblement horisontale ~~Lappi~~ toute La pesanteur sera supportée par le Ressort de suspension —

quoi que Le Ressort de suspension put en même tems servir a doner les vibrati du Balancier et le suspendre je preffere employer un Ressort spiral ce qui La rendra plus facile a Regler et cette disposition sera plus propre a La Compensation du chaud & du froid Le petit Ressort de suspension qui doit etre parfaitement dans Lane du Balancier servira a a suspendre le Balancier et le Ressort spiral a produire les vibrations - je crois cette disposition tri avantageuse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 5.e Decembre

J'ai travaillé avec beaucoup d'ordre a mettre en Execution L'Idée dont je vient de parler et je suis parvenu assi heureusement et par des moyen qui sont simples et solides je ne marreterai pas maintenant a les decrire ayant fait marcher le Balancier — Les vibration etant de 2 Seconde le mouvement a duré 7.m en partant des arc de 80 degré

Le 6.e Decembre

J'ai mis un Ressort spiral beaucoup plus forte ~~alors~~ Les vibration etant d'une seconde Le mouvement dure moins qu'il ne faisoit avec le Spiral plus foible, ainsi que nous l'avons vu ci devant cependant il est tré libre car il fait un tré grand nombre de forte petite vibration

Je me determine ~~dependant~~ a me servir des vibration d'une seconde malgré quelle durent moins mais elle sont plus juste

aux Observations que des vibrations plus lentes.
d'ailleurs je pense decrire de petits arcs au Balancier et les vibrations seront plus Hochrones
Ce qu'il y a de bon c'est que ces vibrations seront constantes au moyen de mon suspention qui fait un très bon effet

Nous allons maintenant executer le Rouage lequel comme nous avons dit sera a Repos et a faire il n'ira que 24 heures
Elle battra les Secondes qui seront Concentriques

Remarque
En employant les vibrations d'une Seconde nous serons obligé de mettre plus de force Motrice pour les entretenir (mais comme nous avons fait voir dans notre Essai qu'alors les frottements produisent une monde variation) Nous estimons que c'est une perfection puis que la quantité de Mouvement du Balancier sera plus grande pour vaincre les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

resistance ou frottement de la circonference des pivots frottement tri petit par lui meme car nous supposons toujours que le Balancier sera dans une situation horisontale

J'ay applaqué a la cage du Balancier le mouvement a l'echappement Hochrons dont je me suis servis ci devant pour mes Experiences : ~~Je~~ J'ai mis le Balancier en mouvement Il decrit des arcs d'environ 10 degrés un poids de deux Livres ~~appliqué~~ suspendu a la Corde qui s'enveloppe sur le cylindre sert a entretenir le mouvement du Balancier ~~cette~~ Le ~~pesanteur~~ du poids devroit etre tri Considerable s'il devoit donner le mouvement au Balancier : celui ci sera donc un puissant Regulateur qui maitrisera le Roulage et ~~a~~ corrigera les Inegalité qu'il pourra transmettre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La perfection du
Ressort Spiral est tri Essentielle et exige
des soins Infinis pour remplir son obet -
il faut quil soit bien formé dune bonne
Courbeure et dune force menagée enforte
quen vibrant tout ses parties se developpent
il doit etre trempé tri dur pour cet effet
il faudra le tremper apri quil aura et
plié : de cette maniere il resistuera une
plus grande quantité de la force quil recoit
ainsi le Balancier vibrera plus longtem -
Il ne faut pas quil gene le Balancier -
enforte quil prese les pivots contre les trou
comme il est tri fort une telle pression
causeroit un frottement capable dalterer
les vibrations. Lors que le Balancier est
arreté et horizontal il faut que les pivots ne touchent pas
leur ~~trous~~ parois des trous ###

Il faut faire rouler sur un pivot
Les Rateau ou porte cheville du Spilal
afin devitter les frottements et de
diminuer dautant la Resistance des
verges de Compensation. Si cependant
la Courbeure du Spilal permet de le placer
aprs hors du Centre du Balancier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour diminuer le frottement sur la circonference des pivots je les ferai Rouler dans des trous faits a des Agathes Orientales bien dures — ces trous bien faits & polis seront preferable par une autre raison cest quil se desacherra moins de parts et que L'huile se paissira moins je diminuerai par la de beaucoup le frottement

21.e Xbre

~~III~~ Pour eviter le deffaut dont je vien de parler ~~j'ai~~ disposé le piton du Spiral de maniere a le pouvoir approcher ou ecarter du Centre et a L'arreter par deux forts vis au point ou le Ressort libre le porte on serre les vis et on est alors aseuré quil ne bride pas

La piece entre laquelle la Lame de Spiral se meuvra sera aussi Mobile afin de Saseurer du point ou elle ne bridera pas le Ressort Lors qion la fait tourner pour regler la Machine —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour que le Spital par son mouvement ne porte pas les pivots du Balancier tantot d'un coté et tantot de l'autre il faut qu'il fase plusieurs ~~tours~~ ~~du ressort~~ ~~le Balancier et~~ et que la virole de Spital soit bien au milieu ~~du Spital~~ du Ressort alors le Balancier tournera sans que son Centre se meuve hors de l'axe

Jai donc fait faire d'après cela un Ressort Spital plus long & plus fort je l'ai fait calibrer avec une extreme attention l'ayant appliqué au Balancier les vibrations de celui cy se font tres Librement et sans faire frotter les pivots contre les trous il fait 141 vibrations en deux minutes lors qu'il n'est pas ~~tendu~~ il est joint par ses deux bouts il est donc trop fort ce Ressort est bien battu a froid et ainsi plié je le ferai tremper afin de juger combien la trempe augmente le Ressort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 22.e Xbre Ja

Jai fait tremper Le Ressort, dans de L'huile Je L'ai Laissé de toute sa dureté et Layant mis au Balancier exactement au même point ou il etoit avant de le tremper Il a fait faire 136 Vibration en deux Minutes cest a dire quil paroissoit par cette Experience que L'acier trempé a moins de Ressort quetant battu # ce qui n'est pas ~~a croire~~ vraisemblable mais il faut observer que la trempe otte de L'Epaisseur du Ressort a Cause de la croute que le feu fait detacher et en blanchissant La lame avec La pouce cela diminue encore sa force c'est donc a cela qu'on doit attribuer ce que nous venons de trouver ~~ce que nous Confirme ce qui lors que nous aurons fait recuire le Ressort et lui donner une Couleur bleue~~

ce pourroit etre par la même cause qui fait que L'acier bleui a plus de Ressort. en le ~~tremp~~ant on chasse les parties du feu Contenus dans les pore de L'acier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après avoir fait revenir bleu le Ressort Spiral je l'ai appliqué au Balancier dont le mouvement est entretenu comme ci devant par le Rouage de la Machine d'Experience qui est mû par un poids de 16 onces appliqué a la Circonference d'une poulie qui a de Diametre cette poulie fait un tour par heure

Dans cet etat le Balancier fait 138 Vibrations en deux minutes. c'est a dire qu'il paroit avoir plus de Ressort lors qu'il est revenus

Ce Ressort a 14 pcs de longueur il a près de demi ligne d'epaisseur il ne fait pas trois tours il seroit tré bon s'il etoit un peu plus long car l'epaisseur de la lame en facilite l'execution

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 23e xbre

Jai fait executer avec un soin extreme une Lame d'acier pour faire le Ressort Spiral Je lui ai donné 22 pg de longueur elle est parfaitement calibrée dans toute sa longueur L'acier etoit bien battu a froid Jai fait adoucir et polir cette Lame Je l'ai ensuitte plier avec de gros arbre de la meme maniere que l'on plie les Ressorts Jai ~~enf~~ ouvert les tours pour laisser entre les lames une distance convenable et egale dans cet etat le Ressort etant parfaitement en spirale et ~~ayant~~ ayant 4 tours de lame Jai ~~fait~~ ~~une lame~~ ~~morceau d'acier~~ plusieurs fentes en travers des deux bouts de lame du Ressort Les quelles fentes sont parrolelles et distantes entrelles de la meme maniere que les lames spirales du Ressort ~~mais~~ ces deux bouts de lames etant placés Du coté l'une dun Coté et l'une de l'autre du spiral servent a arreter le spiral et a empecher que les lames ne se ecartent ou se derangent en le ~~d~~ rempant les fentes des lames sont egalement enfoncés et contienent par la les lames du spiral dans le meme plan Jai arreté par un fil de fer les deux lames

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et fait chauffer le tout dans un fourneau
a Reverbere dont se servent les faiseurs
de Ressort faisant usage d'une espece de
Roüe qu'on fait tourner dans le feu pour
que les Ressort prennent un egal degré
de chaleur cela fait je l'ai trempé
dans l'huile il a pris un tré bon degré
de dureté qui est parfaitement la meme
dans toute sa longueur j'ai eu la
Constance de polir ensuite les spital
dans toute sa longueur de chaque coté
me servant pour cela d'un bois mince
et déméry ayant attention a supporter
l'endroit ou j'appuyois par un bois afin
de ne pas casser ce Ressort qui etoit trempé
de toute sa force je l'ai enfin fait
revenir bleu en le posant sur une
plaque de fer mise sur un fourneau
et le retournant de coté et d'autre
il a pris une couleur bleu fort
egale je ne crois pas qu'il soit inutile
d'entrer dans ces sortes de details puisque
c'est par les operation que l'on parvient
a la perfection car par Ressort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a ce Ressort spiral on ne seroit jamais parvenus a plier un Ressort trempé ~~comme~~ pour lui donner la courbure convenable les faisons de Ressort sont revenus fort mous le centre des Ressorts qui sont plus epais de lame mais les tours exterieurs qui sont plus durs ne se plie pas petits sur tout lors que les lames sont epaisses ainsi qu'il etoit necessaire pour mon spiral enfin le degré de dureté que les faiseurs de Ressorts ~~ou~~ donnent a leurs Ressorts n'approche~~nt~~ pas de celui que j'ai donné a mon spiral puis qu'ils sont revenus tri gris leurs Ressorts et j'aurois pu laisser le mien de toute sa dureté si je n'avois craint qu'en nettoyant la machine quelque mal adroit ne l'eut cassé en le forçant d'une maniere quelconque car ce Ressort ayant un tri petit mouvement il n'auroit jamais cassé par l'action de la Machine j'ai d'ailleurs ~~eu~~ observé ~~s~~ qu'etant revenu du bleu tri vif il avoit plus d'elasticité, quelle en est la cause? est ce les parties du feu que l'on a introduits dans les pores du Ressort en bleuissant le Ressort? quoi qu'il en soit cela me paroit tri effectif ~~et d'autant plus~~

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le faiseur de Ressort a qui je fis connoitre cette experience dont j'étois fort surpris me dit que cela etoit ainsi et qu'ayant un vieux Ressort qui s'est rendu par le tems en le bleuissant on lui redonne une nouvelle force —

J'ai dit que c'etoit les parties du feu qui s'introduisent dans la lame qui ont pu lui rendre le Ressort et on sait qu'en chauffant a un certain poinct une lame d'acier trempée on ôte tout son Ressort et c'est encore l'action du feu ce qui paroitra peut etre contradictoire a ce que j'ai avancé mais il est bon d'observer que dans ce dernier cas le feu que l'on introduit dans les pores de la lame ~~dans le dernier cas~~ separe les parties de matiele de sorte quelles ne s'accrochent que tres foiblement parce que l'action du feu est plus forte que la tenacité des parties du Ressort les quelles se rompent et cedent a l'elasticité du feu comprimé dans les pores — au reste ce ne sont ici que des conjectures

Le Ressort d'un corps dependroit donc de la nature des pores et de la maniere dont les parties du feu y sont comprimés. et ce qui semble le verifier c'est que ce plomb un des corps le moins poreux n'a peu ou point de Ressort que le verre a l'acier au contraire ont infiniment de Ressort l'acier surtout que la trempe a augmenté l'etendue des pores on sait que le verre doit la transparence a la rareté de la matiere et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 27e 9bre 1760

Je vien de terminer le Balancier avec la Suspension ~~et les pivots. Je les~~.
Jai fait tourner les pivots dans des trous d'agathe Serdoine que Jai fait percer et dont Jai formé les trous avec une attention extreme Je les ai ~~polis~~ en faisant rouler un ~~avec une ligne d'acier~~ petit arbre Lisse ~~et~~ avec de L'Emery Lors qu'ils ont été parfaitement adoucis Jai tourné les pierres avec une pointe de Diamant nous expliquerons Lajustement de ces pierres lors que nous decrirons cette Machine : ~~ap~~ Jai polis ces trous avec une broche d'Etain et du ~~Tripoli~~ polis
Jai terminé les pivots de Balancier qui sont polis avec beaucoup de soin et adapté le Ressort Spiral dans cet ~~etat~~ les Vibrations du Balancier qui sont donne le compte se font ~~by~~ Librement et avec le moins de frottement possible car ayant fait decrire des arcs de 90 degrés le ressort et on sait de plus qu'il a beaucoup de Ressort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Balancier libre s'est mis pendant plus de 30 minutes car au bout de 25 minutes les vibrations étoient encore sensibles elles se font donc plus librement que lors que j'avois suspendu le Balancier par un ressort afin pour faire des vibrations d'une seconde le mouvement depuis 30 degrés n'avoit duré que 15 m. cette différence ne vient que de la nature du spiral, et de la suspension du Balancier, et de la manière dont j'ai réduit les frottemens des pivots qui étant très dur et parfaitement polis roulent sur des trous d'une pierre dure et bien polie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

... du 28. xbre

Pour Eprouver notre horloge Marine nous La mettrons dans un bateau ou gondole et nous verrons si les agitations que L'eau produira pourront deranger le Mouvement de La Machine

au Reste pour ~~le~~ prevenir ce deffaut nous arrangerons L'Echappement de Maniere quil puisse decrire de grands arcs sans que La piece d'Echappement puisse toucher au fond des dents ce qui accelereroit les vibrations et nous placerons a la Circonference du Balancier une broche d'acier bien forte pour Regler Letendue des vibrations ce renversement sera tel quil amortisse La vibration sans en changer La durée ce qui ne manquera pas d'arriver Si elle faisoit Ressort

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi dans de certaines agitations du
Vaisseau qui tendroient ~~a accelerer~~
a augmenter L'etendue de la vibration
elle pourra devenir plus grande sans en
changer Sensiblement la durée

Il pourroit aussi arriver que de certains
Mouvements du Vaisseau pourroient arreter
La vibration du Balancier ~~pour~~ et
par Consequent la Machine ce qui seroit
un tr' grand deffaut Mais pour le prevenir
nous donerai peu de levée a L'Echappement
ainsi le force Motrice sera asez grande
pour lui restituer ce Mouvement,
Nous avons deja prevenu L'objection qu'on
pourroit faire dapre nos propres remarques
cest L'inegalité de la force Motrice; nous
avons dit que L'Echappement Isochrone
ne rendra nulle sur le Regulateur
qui par sa Construction fait des
vibrations Constament de même durée
cest a dire Isochrones

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 31e. Xbre 1760

Le Ressort Spiral dont J'ai parlé cy devant étant trop fort J'en ai fait un autre de même longueur mais plus mince. après l'avoir plié en Spiral je l'ai adapté au Balancier avant de le tremper il bat 113 vibrations en a m. après l'avoir trempé de toute sa force il fait 110 vibrations dans le même tems et lors qu'il a été revenu bleu il fait 111 vibrations ~~Cette~~ experience confirme donc ce que nous avons dit que l'acier trempé dur a moins de Ressort que lors qu'il est battu a froid. & lors qu'il est revenu il en a plus que trempé de toute sa force

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 2e Janvier 1761

ayant agité de differents Manieres Le Balancier
mus par Le Rouage a poids dont nous avons
parlé Jai remarqué que ces agitations derang-
geoient la Vibration du Balancier ce qui
ne peut manquer d'arriver a Cause de sa grande
Inertie Il Sera donc Necessaire de disposer ~~cette~~
horloge de Maniere que la force Motrice soit
après grande pour restituer le Mouvement au
Balancier dans le Cas ou les agitations de
L'air peuvent a arreter La Machine
C'est ce que Jai fait par la Construction de
ma fourchette Mobile que Jay faite a Roulean
afin de diminuer le frottement. Nous arrangerons
donc L'Echappement avec de petits arcs de levée
pour qui ne falle pas trop de force Motrice
pour rendre le Mouvement au Balancier
et cet Echappement aura La proprieté de rendre
Isochrons les Vibration du Balancier ~~cette~~ proprieté
est tres Essentielle a la Justesse de L'horloge car
L'Inegalité de la force Motrice Influeroit sans
cela sur le Regulateur
La Roue d'Echappement Sera formée par un chant
qui etant taillé formera comme des Chevilles qui permet-
-tront L'etendue des arcs ce que l'on ne pourroit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faite avec un Rochet ordinaire L'ancre pouvant aller aboutir dans le fond dans les grandes arcs et par consequent changer la durée des vibrations

Lors que toute La Machine sera ainsi achevée nous en verrons L'effet et jugerons de La Necessité d'employer deux Balanciés auquel nous serons peut etre forcé de revenir en tout cas nous suppendrons celui que nous ajouterons de la même Maniere et avec les mêmes attentions que celui qui est fait, L'Engrenage sera fait avec des soins extremes et sans Jeu et chaque Balancier aura son spiral reglé de Maniere que le Balancier etant seul les vibrations soyent d'une seconde et Lors qu'ils se Communiqueront Comme ils feront Naturellement leurs vibrations dans le même tems L'engrenage ne servira que dans le Cas d'agitation afin d'empecher par le Changement de la durée des vibrations et c'est a quoi nous nous sommes determiné nous avons donc fait fondre un second Balancier auquel on travaille nous revenons donc a notre premiere Idée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Remarque du 18 Janvier 1761

Pour éviter que les Ressorts spiraux ne se rouillent et par conséquent ils ne changent de force ce qui ne pourroit manquer d'arriver par la Rouille nous ne nous contenterons pas d'y mettre de l'huile mais nous emploierons une espece de Cire ou Composition que m. a trouvé laquelle a la propriété d'empêcher la Rouille elle s'applique par la chaleur et remplit les pors exterieurs La même moyen est applicable aux pieces essentielles qui sont d'acier ou de fer. m

Nous rechercherons aussi le moyen de preserver les Balanciers le Meilleur seroit de les dorer en or moulut comme je me l'étois déja proposé autres fois

Remarque sur la Suspension de Mon horloge Marine du 16e Janvier 1761

après avoir reflechis avec beaucoup d'attention a la suspension a genous que nous nous etions proposés d'employer pour notre horloge Marine nous avons vu que pour eviter que l'axe de la boule ne touchat pas aux caltots dans le cas des grandes agitations du vaisseau il faudroit faire des ouvertures tres considerables a ces Caltots et que dans ce cas il ne resteroit qu'une tres petite superficie frottante que la boule auroit bientôt usé a cause de l'agitation continuelle et qualors le frottement en deviendroit plus considerable et qu'enfin une telle machine seroit tres difficile a retablir Ces raisons nous ont fait recourir a un autre moyen dont le principe est celui de la lanterne a Cardan mais avec une disposition particuliere que nous lui donnons et que nous decrivons avec le reste de la machine mais dont voici la principale propriété. Le Mouvement se fera sur quatre forts pivots mobile sur la circonference d'un cercle divisé en 4 parties

ces pivots porteront 4 demi cercle ayant pour centre les pivots une plaque d'acier mince appuyera sur ces 4 demi cercle qui auront même Diametre L'appuy de cette plaque causera un frottement sur chaque demi cercle c'est ce frottement qui sera toujours constament le même qui empechera les oscillations que l'horloge auroit si les pivots rouloient Librement dans leur trou on pourra augmenter & diminuer ce frottement par quattre vise de pression qui feront plus ou moins appuyer fortement la plaque ou Ressort d'acier sur les demi ~~circonf~~ cercles qui seront de cuivre espais

Cette suspension qui sera constament la meme ~~Dec~~ permettra les plus grandes Inclinaisons a la Machine en sorte que quel que soyent les agitations du Vaisseau la suspension ne pourra etre heurtée elle sera facile a Retablir et par ce ouvrié les moins adroits

L'horloge sera condemnée de Maniere a ne pouvoir tourner separement du Vaisseau ce qui auroit pu arriver avec la suspension a genoux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous voulons faire servir cette meme suspension a un double usage c'est de prolonger un axe au dessus de la suspension et d'y finir une chaise pour servir a asseoir l'observateur et pour rendre l'Instrument tri Immobile il sera suspendu a une traverse attachée a la chaise par une seconde suspension semblable a celle que nous venons de decrire et l'Instrument contenu par un fort poids sera tri-sensiblement vertical puis que la grande machine aura de tri petits mouvemens qui seront encore detruits par la seconde suspension

Nous imaginons aussi que l'on pourroit disposer cet Instrument avec une excellente Boussole mise au dessous et dont s'achant la dellinaison ~~on ajust~~ donneroit la ligne Meridiene ainsi en dirigeant l'Instrument a un astre quelconque on auroit sa ditance au Meridien et par consequent l'heure actuelle or nous supposons que notre horloge sera asi parfaite pour doner l'heure exacte qu'il est au lieu dont le vaisseau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est partis La difference de l'heure determi
nera donc la Longitude du Lieu —
qui est l'objet que nous nous propo-
-sons et pour lequel nous ne Negligeons
aucune attention ni recherche —

cette Maniere de trouver l'heure en Mer
seroit tres simple mais si elle peut epprouver
quelque difficulté nous recourons aux Methods
dont se Servent les Marin pour trouver
l'heure en Mer L'usage de Notre horloge
si elle est parfaite ne suffit pas
moins a trouver la Longitude et a toute
heure de Jour et de Nuit chose a —
laquelle on n'a pu encore parvenir.
Jusques a ce Jour c'est l'extreme
utilité de ces recherches qui nous ont
encouragés a vaincre tous les obstacles
que nous pouvons rencontrer —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 26e Janvier

Maintenant que nous sommes a la veille de voir les principales parties de notre Horloge Marine terminée les Balanciers &c les Roues &c etant faites ainsi que le mouvement Nous allons travailler a la Machine de Compensation apres avoir vu cependant quels sont les effets du froid et du chaud afin de finir exactement l'espace que devront faire parcourir les Verges de Compensation au porte cheville de l'Spiral

Nous observerons donc pour parvenir a cet objet que la longueur de ces Verges ne peut etre que de 15 pces au plus et nous avons vu qu'une Verge d'acier qui a 3 pds 2 pds 5 lignes = 461 ne s'allonge que de $\frac{74}{360}$ de ligne lorsqu'elle eprouve une difference de temperature de 27 degrés nous trouvons donc qu'une verge de 15 pouces ne s'allongera pas des memes differences de temp que $\frac{28}{360}$ et celle de Cuivre de meme longueur que de $\frac{47}{360}$ Lenés de la Dilatation du Cuivre sur l'acier ne seroit donc que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Lig: 0: $\frac{19}{360}$ or cette quantité est tres
petite et ne pourroit pas produire un mouvem
assés sensible au porte cheville de l'spirat
a moins que de beaucoup multiplier les levis:
ce qui produiroit une trop grande resistance
aux verges et qui seroit capable de les
affaiser ou la pression du ressort qui
doit appuyer sur les levis par toutes
ces considerations nous nous determinons a mettre
deux verges d'acier et deux de cuivre ce
qui doublera le mouvement ou encé de
la verge de cuivre sur l'autre c'est a dire
environ $\frac{1}{9}$ de ligne faisant donc agir
la verge sur un levier mobile sur deux pivots
et quelle agisse a deux lignes du centre
que ce levier porte en qui ait 30 lignes
l'entrevité de celui cy parcourois $\frac{15}{9}$
de ligne ou Lig: $1\frac{6}{9}$: $= 1\frac{2}{3}$ ce levier agis-
sant 4 fois plus pri du centre du balancier que
les cheville du spirat. le porte cheville parcourois
alors 4 fois 1 li $\frac{2}{3}$ ou 6 lignes dans les vesse-
aux voil par l'experience s'il est necessaire
que pour 27 de temperature (terme dont nous
sommes partis) il devroit necessaire que le porte
cheville parcourus cet espace pour accelerer
ou retarder les vibrations au reste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous pouvons augmenter ou diminuer à volonté cet espace selon le point d'appui de la Verge sur le petit Levier : et du grand levier sur le porte cheville de Spiral — nous allons donc maintenant executer le Mechanisme que nous decrivons avec le Reste de la Machine —

en Supposant les Rapports que nous venons de dire il faudroit que le Ressort ne pesât pas trop fortement sur le porte cheville — car si la force etoit seulement de deux onces l'effort sur les Verges seroit de 7 # ½ quantité la plus grande quelles puissent faire mouvoir sans affaissement surtout que ces Verges seront mince afin quelles presentent une plus grande surface et eprouver les mêmes Impressions que les Ressorts Spirales

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 31 Janvier 1761

J'ay terminé le Regulateur de Mon horloge Marine composé de deux Balanciers parfaitement de même grandeur et poids ~~et~~ portant l'un une Roue dentée de cuivre et l'autre d'acier ayant 4 pces ½ de Diametre et fendue sur 150. L'engrenage est très bien fait les pivots polis et roulans dans des trous faits a des agathes ces Balanciers suspendus par deux ressorts semblables : et ayant chacun un Spiral fait comme nous l'avons expliqué enfin tout ce qui concerne le Regulateur terminé avec des attentions Interns les Balanciers d'Equilibre 2k.

Dans cet Etat j'ai mis les Deux Balanciers sur Ressorts spiraux afin de voir si des ~~agitations~~ mouvements quelconques pourroit les mouvoir mais les ayant agité avec beaucoup de force en faisant tourner la boite sur elle même les Balanciers sont toujours restés Immobile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans prendre le moindre Mouvement
J'ay ensuitte mis separement chaque Balan-
cier avec son Spiral afin de le Regler
de Maniere que ~~leurs~~ les Vibrations se fassent
d'une seconde et quetant adaptés lun
avec lautre ils fassent chacun leurs
vibrations comme ils les faisoient seuls
et librement
Lors que j'ai eu reglé de la sorte chaque
Balancier je les ay remonté tous deux
et les ay mis en Mouvement ils font
leurs vibrations dans le même tems
et presque aussi librement qu'ils les
faisoient separement ce qui
prouve que l'engrenage ôte peu
de leur Liberté
En cet Etat j'ay fort agité la
machine de toutes sorte de mouve-
ments et sur tout de Rotation
les vibrations des Balanciers n'en tout
point interrompus je crois donc
maintenant pouvoir repondre du succès
de mon horloge marine et oje

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

es perer avoir remplis la destination a
La decouverte des Longitudes Car
nous avons un Regulateur tres suisan
et Constant sur lequel les mouvemens
du Vaisseau ne pourront causer aucun
derangement Il ne nous reste qua
examiner les effets quelle produit a
par les changements de temperature
afin dy appliquer le Mechanisme
dont nous avons deja parlé

Le 1er fevrier 1761.

Jay appliqué le Rouage de l'horloge
Marine avec son Echappement fait
de la Maniere que nous Lavons dit cy
devant, sa fourchette Mobile, a Rouleau
&c: enfin ce Rouage entierement
terminé avec son cadran Aiguille
&c:
Mise a l'heure a 3h 32m du matin
juste a la seconde
en 6h. a Retardé de 2m 48s
a 9h 35m remise a la Pendule
en 10h a Retardé de 4m 39s
elle retarde donc proportionellement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous devons observer que pour qu'un Pendule libre fasse un grand nombre d'oscillation il faut que le point de suspension soit parfaitement solide et qu'il ne puisse osciller car les oscillations qu'il feroit y seroient insensible quelles feroient tendroient à diminuer les oscillations du Pendule ce qu'il est aisé de concevoir puis que les oscillations du Corps qui suspend le Pendule ne sont point faites par des Corps elastiques qui restituent la même quantité de Mouvement qu'ils recoivent par la force qui les ebranle n'etant point restituée chaque oscillation diminuée de toute la force qu'il a falut pour mettre ce corps en mouvement si la suspension du Pendule tient a une Planche elles flechit et oscille a chaque Vibration du Pendule il seroit donc necessaire de finer la suspension d'un Pendule a une forte piece de fer scelée dans le Mur et d'une telle grosseur que l'oscillation du Pendule ne puisse l'ebranler

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le même raisonnement est applicable aux vibrations d'un Ressort si celui cy n'est pas attaché d'une Manière Inebranlable le mouvement de Vibration que l'on donneroit au Ressort seroit bientot detruit toute sa force etant alors employée a ebranler le corps qui le retient et celui cy ne restituant pas la même quantité de mouvement les oscillations du Ressort se feroient en des tems differens de ce quelles auroient eté s'il eut eté fixé solidement et ces oscillations cesseroient entrs peu de tems. Il suit de la qu'il est tres essentiel que nos Ressorts Spiraux soyent attachés bien fixément c'est ce que nous avons fait il ne reste maintenant que rendre de meme stable la porte cheville de spiral et c'est ce qui n'est point du tout facile car nous sommes obligé de le faire mouvoir autour du Centre de Balancier afin que les Verges de Compensation detruisent l'effet du chaud et du froid sur l'horloge, c'est pour cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que nous devons 6 Verges de Compensation et un peu plus de ces plis Conques que la place nous le permettra afin quelles puissent vaincre un plus grand effort et rendre ~~fixe~~ stable la porte cheville du Spiral

Nous observerons icy qu'en remontant les deux Balanciers il faut avoir une entière attention que les Spiraux soyent bien dans leurs repos et qu'ils ne soyent pas dans un etat forcé car alors cela interrompt la Liberté des Vibrations pour eviter ce deffaut Lors que les Balanciers sont remontés ôte les vis qui arrestent les pieces qui servent de piton et lors que les Balanciers ont la direction requise pour que l'entaille la presente convenablement a la fourchette je tourne les virole jusques a ce que ces pitons arrestent librement sur les trous des vis qui doivent les arrester en cet etat j'attache les vis et fixe ces pieces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Remarque

Nous avons donné un peu de Jeu a l'engrenage des Balanciés afin que Les poussier qui pourroit s'attacher aux dents ne puisse gener Les Balanciers. Et si les Balanciers ne decrivoient que des arcs Infiniment petits et que l'on agitat les Balanciés en donnant a la Machine un mouvement violent jusqu'au de Rotatatis il arriveroit que cette action detruiroit le mouvement des Balanciés et les feroit arreter car Malgré qu'ils ayent peu de Jeu des agitation dont nous parlons auroient un plus grand Rapport avec La force de Mouvement des Balanciés ~~Au Contraire si l'on fait decrire de grands~~

et il faudroit pour empecher que la Machine n'arretat pas que la force Motrice fut a fés grande pour restituer le Mouvement aux Balanciés Lors qu'ils sont arretés par ce Moyen la force que le choc ~~ter~~roit aux Balanciés seroit Immediatement rendue par le Rouage. Mais ce Moyen rendroit la Machine plus defectueuse puis que cela augmenteroit les frottemens Au Contraire si l'on fait decrire de grands arcs aux Balanciés L'effet qui resultera de l'agitation des Balanciés diminuera a mesure

et il faudroit pour empecher que la Machine arretat que la force Motrice fut a fés grande pour restituer le Mouvement aux Balanciés lors qu'ils sont arretés par ce Moyen la force ~~produite~~ par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les arcs decrits par les Balanciers
augmenteront car la force detruite n'est
que l'effet du Jeu des dents de l'engrenage or
ce Jeu est le meme soit qu'il decrive de grands
ou petits arcs : mais dans les grands la
force de Mouvement est tri grande et
par consequent l'agitation a un moindre
rapport avec cette force dou il suit
que les plus violents agitations de la Machine
ne pourront interrompre les Vibrations
lorsque elles seront grandes —

Il faut encore observer que si on faisoit
decrire de fort grands arcs et que la
force Motrice ne fut seulement que suffi-
sante pour restituer aux Balanciers le
Mouvement qu'ils perdent a chaque
oscillation les agitations du Vaisseau
pourroient encore arreter l'horloge car
dans ce cas l'agitation pourroit oter une
quantité de Mouvement des Balanciers
que la force Motrice ne pourroit pas
restituer. Il faut donc doner plus de
force qu'il n'est besoin pour entretenir
les oscillations afin de prevenir l'obstacle
~~des~~ agitation

Le 2e fevrier

a 8h. 1m. Jai remis L'horloge Marine a L'heure apres avoir raccourcis La fourchette mobile afin quelle agisse avec plus de force sur les Balanciers. Les levés sont alors sensiblement de meme Longueur Le Rouleau étant a egale distance des Centres du Balancier et de La fourchette

en 2h. a Retardé de 52.

a Midy 12m. Mis L'horloge Marine a L'heure apres avoir mis un grand ressort pris du double plus fort que celui qui y etoit Laissé La fourchette au meme point

Les Balanciers decrivent 30 degrés

en 5h. a Retardé de 2h. Juste

a 5h. 12m. elle Retardoit de 2h. sur la Pendule

en 19h. elle a Retardé de 7h. 36

cest a dire quelle retarde de 24. par heure tandis quavec un Moteur plus foible elle Retardoit de 26. par heure ce qui prouve que L'Echappement a trop de recul nous referons donc un ancre qui en aura moins : nous en ferons un 3e qui sera a Repos

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

74. Maintenant que l'espace parcouru par le Balancier est déterminé trouvons par le Calcul quel seroit la force requise pour faire Mouvoir les Balanciers en supposant la même disposition que d'aucune Montre et de la diference de cette quantité avec la force du Moteur nous jugerons l'avantage des Principes et du Mechanisme que j'ai employé

Chaque Balancier pese 3 tt 9 onc 6 gros mais ~~comme il est chaud leur spirale~~ nous n'en ~~devons~~ compterons qu'un le poids du Balancier et nous doublerons le resultat

Il decrit 30 degrés

La fusée fait un tour en 5 heures —

La Montre de Comparaison va 8 Jours sans remonter

La fusée fait un tour en 40 heures

le Report tire 8 gros situé a 4 pd du Centre de la fusée

Le Balancier a 11 $\frac{5}{12}$ de Diametre et decrit 240° Il pese 19 grais fait une vibration par seconde ainsi que l'horloge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

~~Le Ressort de la Mont~~

La force requise pour la Montre a 8 jours si elle
estoit appliquée a une Roue qui fit un tour en
5 heures, devroit etre 8 fois moindre c'est
a dire d'un gros

et les arcs parcourus par le Balancier de la
montre de Comparaison ~~[illegible]~~ a ceux de l'horloge
come 8 : a 1

trouvons Maintenant la quantité de Mouvemen
de l'un et l'autre Balancier

La vitesse du Balancier de Comparaison est 8 -
dont le quarré est 64 lequel multi

Pour avoir la vitesse du Balancier de Comparaison
il faut multiplier l'arc 8 : par le Diametre
$11\frac{5}{12}$ ce qui donne $92\frac{1}{3}$ lequel multiplié
8
par lui meme donne 8524 qui est
88
$\frac{1}{3}$
le quarré de la vitesse multipliant
$91\frac{1}{3}$
ce nombre par le poids du Balancier -
on aura la quantité de Mouvement
8524 qui est ~~[illegible]~~ - 161956
19

76716
8524

161956

$91\frac{1}{3}$
$91\frac{1}{3}$

91
819
8281
60

8341

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on trouvera de même la quantité de Mouvement du grand Balancier en Multipliant son Diametre 12 pies par l'arc 1.

pour cet effet il faut reduire en pieds le Diametre qui donne 144 multiplié par 1 donne 144 ritepe dont le quarré est 20736 qui faut Multiplier par le poids du Balancier pour avoir la quantité de Mouvement

144
144
576
576
144
20736

Pour cela il faut reduire 3 ℔ 9 on 6 g en grains.

3 ℔ = 48 on : donc 3 ℔ + 9 = 57 on

3 ℔ 9 on 6 = 57 on + 6 a = 462 grs

57 on 6
8
456
6
462

72
924
3234
33264

3 ℔ 9 on 6 = 33264 grains
20736

199584
99792
232848
00000
66528

689762304 ~~pieds~~ de Mouvement du grand Balancier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on a donc la proportion

1 gros x :: 161956 : 689762304

689762304 ⟨ 161956 ⟨ 8 ⟨ 16
660382 | 88607 | 11976 | 692
466543 | 60 | 147
624704 | 47 | 36

Page suivante le resultat

Nous trouvons donc que si Mon horloge Marine etoit construite sur les mêmes Principes des montres et avec les mêmes frottements qu'il faudroit un poids de 692 ℔ appliqué a 4 pds du Centre de la fusée pour faire Mouvoir cette horloge or la force du Ressort ~~n'est pas la~~ qui la fait marcher n'est ~~pas~~ equivalente a 2 ℔ et appliquée a 4 pds dou l'on voit la bonté des Principes que j'ai suivis dans la Construction et la prodigieuse diminution des frottements n'a que nous nous soins trompés dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité de Mouvement du Balancier de Comparaison elle est 161956 nous devons donc refaire la division —

689762,304 | 161956 | 8
11522 | 41906 | 5163 | 16
495663 | 13 | 36 | 321
09795,04 | 50 26 | 23

Nous trouvons donc enfin que cette force devroit etre de 321 ℔ appliquée a 4 pⁿ du Centre de la fusee
Mais Comme il faudroit une force double pour faire mouvoir les deux Balanciers on voit quil faudroit appliquer un poid de

Nous devons recomencer ce calcul ou il y a erreur nous devons dailleurs employer le poids des Balanciers avec leurs Roues leurs axe et leurs virobes Comme nous l'avons fait dans les Montres puisque ces quantités augmentent le frottement —
J'ay pesé les deux Balanciers avec leurs axes Roues &c ils pesent ensemble

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Six Livres Moins une once
Cest donc chacun 4tt 15 ons ½

qui fait 16
4
64
15
79

79 ons ½ = 636 gros
8
632
4
636
72
1272
4452
= gros: 45792 a multiplier par

Le quarré de la Vitesse 20736
45792
41472
186624
145152
105680
82944
94954291,2 | 161956
139962 91 | 5864
80643

45792
2
91584

Remarque les avec Compass de la Montre de Comparaison ne sont que de 180: cest a dire quils sont a ceux de L'horloge comme 6 a 1 d'apri cela on trouve que la force quil faudroit pour faire Mouvoir L'horloge devroit etre de 166tt appliqué a 4 pd de Centre de La Roue de fusée or cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N'est veellement que de 2 th.
d'où l'on voit que j'ai diminué les frottemens
dans le rapport de 166 a 2 : ou de
83 a 1 .

et la force de Mouvement du Regulateur
de Mon horloge est a la force de
Mouvement du Balancier de la Montre
de Comparaison comme
94054291 2 : 89148 . ou Come 10651 : est
a 1.

Si les frottemens etoient en même raison
que dans une Montre la force Motrice
devroit etre ~~Come~~ a celle de la Montre de Compar 10651 a 1
et elle est come 256 : a 1

Il faut d'ailleurs employer le poids total
des deux Balanciers —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 4e. fevrier

J'ai Reglé avec un soin extreme les vibrations de chaque Balancier se mouvant seul et librement avec les battemens d'une Pendule a secondes enfuitte je les ai fait vibrer ensemble et leurs Vibrations Libres etoient de meme durée : Enfin j'ai appliqué le Rouage avec L'Echappement a Recul afin de juger s'il derange les Oscillations du Regulateur pour enfuitte refaire un autre Ancre qui naltere pas les Oscillations libres a 8h. 28m. mis avec la Pendule a 8h. 53 avance de 8s.
C'est une seconde en 10m. L'Echappement a Recul accelere dont les vibrations du Balancier a 8h. 56m. fait vibrer les Balanciers librement elles retardent de ½ s. en 5m. c'est donc deux secondes en 10m. que L'Echappement accelere

Nota. Nous etions trompés dans les dimensions de l'ancre dont le Recul est un tiers de la Cheville il ne devoit etre qu'un quart au plus

J'ai fait un ancre a Repos dont
Les arcs de levée sont plus petits
afin que L'arc de supplement soit
plus grand et mettre par La La
Machine hors d'arret par de
violentes secousses
mise a L'heure a 7h. ~~[illegible]~~ 54m
en 12h. mois 24m a avancé de 2m. 22s

Pour Eprouver L'effet des Echappemens
sur cette horloge
J'ai adapté une poulie ~~pour~~ afin de faire
marcher L'horloge ~~au Moyen de~~
avec des poids au lieu de Ressort
ainsi en augmentant ou diminuant
Les poids Je verrai Le changement
dans La Marche de L'horloge cela
me donera lieu a faire un Echappem
qui ne change pas La durée des Vibration
malgré L'inegalité de force Motrice
Avant de verifier Les Echappements J'ai reglé
de Nouveau Les Balanciers Libres dont Les
vibrations ont été fort longues avec la Pendule

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5e fevrier — L'Echappement a Repos

a 9h 57m mis un poid de 3tt Le Balancier decrit de petits arcs fort peu au dessus de ceux de levée Ils sont de 8 degrés ——

en 2h elle a avancé de 1s comme la force motrice étoit le petite elle ne pas travaillé les feuillets

a 11h 47m ajouté un poids de six Livres La force est donc de 9tt ou trois fois plus grande qu'auparavant cette force est sensiblement celle du Repos que j'employe decrit 20s

~~a 12~~

en une heure elle a retardé de 3s.

Nous trouvons donc encore par cette Experience ~~comme~~ nous l'avons fait voir ailleurs que l'echappement a Repos ne corrige pas l'inegalité de la force motrice ∧

après avoir verifié a plusieurs reprises que les Inegalités de force motrice changent la durée des vibrations ~~avec~~ l'echappement a Repos j'ai adopté l'echappement a Recul ~~avec~~ mais par un poids de 3tt

a 4h 31m mis a l'heure Juste

Les Balanciers decrivent 15d. Jay eté obligé d'ajouter 1tt a cause des grands arcs de levée 3tt ne tout pas suffisants force motrice 4tt

∧ mais qu'en triplant la force motrice l'horloge retarde au moins de 2s par heure c'est a dire 48s par jour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En une heure L'horloge avec le poids de 4 ℔. l'echappement a recul a été juste constament a la seconde avec la Pendule a 4h. 44m.

J'ai mis un poids de 8 ℔. ainsi la force Motrice est triple

en ½ heure L'horloge avance de trois secondes L'Echappement a donc trop de recul

Le 6e Fevrier

J'ai Refait un ancre qui a fort peu de levée afin d'augmenter l'arc de suplement pour eviter que des ressorts subitet ne puissent arreter la Machine

Le Recul de cet ancre est un ~~[illegible]~~ Linieme de l'espace quil parcourt

a 11h. 50m. Mis avec la Pendule

Le poids ~~moteur~~ 5 ℔.

arc 9 d.

en une heure a Retardé, d'un peu plus d'une seconde.

a 12h. 53m. ajouté ~~[illegible]~~ un poids de 6 ℔. (force Motrice 9 ℔.)

arc 20 degr

en une heure a Retarde de ½ S.

a 2h. 16m. force motrice etant de 6 ℔.

en une heure a Retardé d'une seconde

après avoir construit mon echappement de
maniere que l'inegalité dans la force motrice
ne change pas sensiblement la justesse de l'horloge
Il faut travailler au Mechanisme pour corriger
les impressions du chaud & du froid. et
premierement eprouver combien le changement
de temperature influë ce qui determinera
le nombre des verges que nous employerons leurs
grosseurs &c

Nous observerons que pour que cette machine
agisse toujours egalement a compenser le
chaud & le froid Il faut que le porte
cheville de spital ne s'eloigne ou s'approche
du piton ~~que de la quantité~~ qu'à mesure
que le chaud ou le froid agissant sur les
verges les obligera car si on le faisoit
mouvoir separement comme j'ai dit qu'il
faloit le faire pour regler l'horloge
Il arriveroit que le spital étant plus distant
du piton que lors qu'on fit l'experience
il agiroit avec plus d'effet qu'on ne l'avoit
compté :

on peut donc diminuer ou augmenter le
chemin que doit faire le porte cheville p.
corriger les effets du chaud & du froid en
le faisant agir plus près ou plus loing du
piton

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce porte cheville sera une piece d'acier trempé assé foible pour faire Ressort cette piece se fera fendue un peu Large pour que le Spital joue librement dedans on otera ce jeu au moyen d'une vis qui appuyera sur le milieu de la largeur du Spital et qui le contiendra finement enforte que lors que le Spital vibrera il fera flechir cette porte cheville par ce moyen le Spital n'agira pas par secousse sur le porte cheville ce qui ne manqueroit pas d'arriver ~~si le tout libre~~ si le Spital jouoit dedans et qu'il ne put pas flechir

Nous ajusterons pour Regler l'horloge une piece sur le second spiral qui sera mobile autour de son Centre on la fixera au moyen d'une vis cette piece aura une vaisseau selon la courbure du Spital pour l'éloigner ou l'approcher du piton elle ne sera pas mobile au centre du Balancier pour ne point etre exposée a brider le Spital ~~on arretera~~ pour cet effet lors que les Balanciers seront arretés on serrera la vis par ce moyen on pourra Regler l'horloge sans craindre que cela ne change l'effet de la Compensation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis que l'un des spiraux servira a la compensation et l'autre a regler l'horloge

Remarque sur l'Echappement

Les dernier ancre dont nous venons de parler remplis aussi bien qu'il est possible ce que nous en exigeons car en doublant et triplant la force motrice cela peut tout au plus changer de 12s par jour tandis que celui a ressort changeroit de 72s dans le même tems et comme les changements dans la force motrice ne peuvent jamais etre si grands on peut conclure que les oscillations seront isochrones

Lare de levée de cet Echappement est de 7d½

A 3h 38m j'ai mis la pendule a l'heure et fait agir le ressort moteur sur le rouage en place des poids.

decrit 23d

en une heure 22m retarde d'une seconde passée elle retarde donc uniformément

~~#~~ d'ailleurs ~~cette inegalité~~ l'erreur qui peut provenir de cette inegalité ne peut se faire que dans un tems bien long lors que le ressort est venu plus foible et les huiles plus epaisses car la fusée rendra egale l'action du rouage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a 7h. 1m.

fait parcourir 9 lig au poste cheville du
coté de l'avance
en 34m. avance de 16s.

Il faut donc faire parcourir peu de
chemin pour Regler la Machine

Lors que la fourchette est a egale distance
de son centre et de celui du Balancier celui
cy decrit 20d. (avec le Refroit
Si
Nous allons examiner en allongeant la
fourchette cela Naugmentera pas l'Etendue d'
ars quoi que la force Motrice et l'Echappe-
ment soient la même

a 8h. 15m. mise a l'heure

Les Balanciers decrivent 30d. pas
avec de levée et alors de 18
Il est donc preferable de la laisser agir
en ce point puis que la même force Motrice
donne ~~[illegible]~~ plus grande quantité de
Mouvement et avec le même Echappement
cela vient de ce qu'il a prouve alors moins
de frottement puis qu'il parcourt un moindre
espace etant preferable la même force
cette difference est très sensible po

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car l'espace parcouru est un très plus grand

en M.t a retardé de 3.$\frac{P}{2}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Usage de L'horloge Marine pour determiner La Longitude en Mer
Le 8.e Fevrier 1761

Jusques Ici nous nous sommes attachés a determiner La Construction d'une Horloge Marine La plus exacte qu'il soit possible. Sans parler de son Usage ni du degré de precision qu'elle a besoin C'est ce que nous allons faire actuellement

L'art de Naviger a été porté a un point extrême et toute La Sagacité humaine a produit s'est reunis a La fabrique de ces Machines admirables et utile Les savants ouvrages de Mes.rs de Bernouilli, de Bouguer, de Maupertuis &c. ont fixé La Theorie des Vaisseaux on voyage donc aujourdhui sur mer presque aussi seurement que sur Terre et Il ne restevoit rien a desirer si on pouvoit facilement trouver en mer La longitude du lieu ou L'on est afin de diriger son Vaisseau en Consequence Car on Conoit fort aisement La Latitude Tous les Efforts que L'on a fait Jusques a present n'ont pu arriver a ce but et ce q'n'est -

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que par l'approximation donnée par le Loch
Instrument dont se serve les Marins ~~ou chemin qu~~ pour mesurer le
chemin des Vaisseaux qui connoissent le
chemin qu'ils ont fait de L'Orient a l'Occident
cette Methode est tres penible et sujette a
beaucoup d'erreurs.

Il y a des Methodes plus seures pour avoir la
longitude, celle par les Eclipses des Satellites
de Jupiter Mais les agitations du Vaisseau
empechent de pouvoir observer ces Eclipses
qui se font d'ailleurs rarement et toutes
les Nuits ne sont pas favorables a cela

Il y a une 3e. Maniere que l'on pourroit
employer. La voici

On a des Methodes sûres qu'on peut employer
sur un Vaisseau pour determiner exactement
l'Instant de Midy et assigner toutes
les autres heures (Voyez M. Bouguer:) Mais
il faudroit savoir en meme tems l'heure
qu'il est dans le lieu dont on est parti,
~~et c'est ce que l'on ignore~~
La difference de l'heure marquée par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'horloge avec celle du lieu ou l'on seroit actuellement donneroit la Longitude de ce lieu : ~~Si on trou~~ Comme une heure de tems repond a 15 degrés de longitude — Si on ~~ne~~ trouvoit que l'horloge marque 4 heures et qu'il en ~~est~~ fut 5 au lieu actuel on en concluroit que l'on est a 15 degrés de Longitude ~~du~~ l'orient du lieu de depart mais il faudroit pour cela que l'horloge n'eut point varié —

~~Voilà des~~ Voila donc l'usage auquel ~~nous avons~~ nous destinons notre horloge Marine Esperant que notre travail ne sera pas infructueux Voyons maintenant combien un ecart d'un nombre de minutes dans l'horloge doit produire de difference dans la Longitude —

Nous avons dit qu'une heure de tems solaire repondoit a 15 degrés de longitude — ainsi une minute de tems repond a 15 minutes $= \frac{1}{4}$ — de degrés et une seconde de tems a 15 seconds $= \frac{1}{4}$ de degrés

On estime qu'un ~~un~~ degré de longitude — repond a ~~[illegible]~~ vingt de nos lieues : ainsi — 4 minutes d'erreur dans l'horloge donnent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94.

20 lieuës de differences ou un degré
dou l'on voit l'extreme precision que dige
la marche d'une horloge

1' = 5
12" = 1

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suite de Nos observations sur L'horloge Marine

Nous aurions pu employer un poids pour moteur au lieu d'un Ressort car son action étant Constante il est preferable d'autant ~~moins~~ plus qu'un Ressort peut caper & que la Pendule avec un poids est plus simple

Le centre de mouvement du porte cheville ne doit pas être Concentrique au Balancier a Cause de la Courbure du Spital il faut qu'il soit un peu Lois du Centre en sorte que par son Mouvement la petite portion de cercle qu'il decrira ne differe pas de la portion de Spital correspondante

Le Levier de compensation portera une cheville Mobile dans une rainure afin d'agir plus pois ou plus loing du porte cheville de maniere que les verges de Compensation corrigent parfaitement les effets du chaud & du froid on avancera donc ou reculera cette cheville jusques a ce que ces effets soyent Nuls ou n'influent point sur L'horloge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 12e fevrier

L'air exterieur etant a 1 d. ½ au dessous de la glace et la partie de la machine de Compensation de mon horloge Marine qui sert a faire avancer se etant terminée et ne restant que les verges a faire —
J'ai exposé l'horloge pendant un quart d'heure au froid avec un thermometre a 8h. 2m. Le Th etoit a la glace
J'ai mis l'horloge a l'heure avec ma Pendule Astronomique sur laquelle la Impression du froid ni du chaud n'influent aucunement a present
La division du porte cheville a 8 de froid en une heure a avancé de 8 s. —
Nous allons maintenant l'eprouver par le chaud —
en une heure et demi 12 s. d'avance le Th etoit constament a un degré au dessous de la glace
J'ai mis l'horloge et le Th dans mon petit cabinet avec deux poils de feu
Le Th placé sur l'horloge comme dans l'experience du froid

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a 9h. 58m.

Le Th etant a 15 degrés au dessus de la glace
Le Th a 20d. a 25d.

en 15m. Retarde d'une Seconde —
Le Th a —— 35d.

en une heure a Retardé de 7 S.

C'est en prenant un terme moyen entre la chaleur de 20d. ou elle etoit au comencement et celle de 35 ou elle a eté on aura environ 27d. C'est a dire que l'horloge etant a la glace et ensuitte a 27 degré a Retardé par le chaud de 15S. en une heure puis quelle avoit avancé de 8S. ~~a la~~ la glace et quelle Retarde de 7S. par le chaud ceci sert a nous doner a peu prés le chemin que doit faire le porte cheville pour corriger ces Ecarts. Nous faisons faire trois verges d'acier et trois de cuivre pour faire mouvoir ce porte cheville

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

 du 13e. Jeorier

Jai Reglé L'horloge afin d'estimer Le chemin du porte cheville que Jai fait mouvoir en avant et en arriere Jusques a ce que Jaye trouvé que L'horloge avance ou Retard de 15s par heure, Jai trouvé qu'en faisant parcourir 15s au porte cheville L'horloge avancoit ou retardoit de 12s par heure 17d. donent sensiblement 15 par heure or 17 degrés equivalent a peu pres a 4 lignes de Mouvement pour le porte cheville C'est d'après cela qu'il faut trouver les dimensions des leviers de Compensation mais il faut premierement trouver Le chemin que la Dilatation fera faire aux verges c'est a dire Lences de L'allongement des verges de Cuivre sur celles d'acier puisque c'est cet ence qui produit le Mouvement du levier et Consequemment du porte cheville ~~voici les dimensions des verges que~~ Jai fait les verges aussi longues que la place a pu le permettre et augmenté Jusques a 3 d'acier et trois de Cuivre afin de ne pas ~~les faire trop grosses pour n'être point affaissées~~ etre obligé en n'en faisant que deux de les tenir forts pour n'etre pas affaissés par la pression du Ressort sur le levier: car en les tenant forts elles auroient esprouvées plus tard que les Spiraux Les changements de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

temperature Je les ai donc faits minces et en plus grand nombre pour éviter ces deux deffauts essentiels l'un d'être affaissées par la pression du levier, c'est dans le cas ou ~~elles seroient~~ il n'auroit que 2 verges de Cuivre et une d'acier car alors l'épaisseur du Cuivre seroit moindre et ~~elles~~ devroit faire parcourir un plus grand espace au levier si les verges etoient minces elles seroient donc affaibies par cette grande pression —

Le second deffaut c'est qu'en ne supposant toujours que deux verges pour eviter l'affaissement il faudroit par les raisons que nous venons de dire les faire forts or dans ce cas elles eprouveroient plus tard que les — Spitaux les differents temperatures

voila donc les Raisons qui nous ont porté a faire trois verges d'acier et trois de Cuivre, dont voici les dimensions —

deux verges d'acier de 18 pcs chacune fait p.cs	36
une de 13 —	13
	49
deux verges de Cuivre de 18 pcs	36
une de 13 —	13
	49

trouvons donc l'excès d'allongement des verges de Cuivre sur celles d'acier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour cet effet il faut reduire les verges de Cuivre, et celles d'acier en lignes 49 pces = 588 ligne or nous avons trouvé par nos experiences qu'une Verge d'acier qui a 461 lignes s'allonge de lig: 0 $\frac{74}{360}$ lors qu'elle eprouve un changement de 27 degrés de temperature on fera donc la proportion

$$461 : 74 :: 588 : x = 94.$$

$$\begin{array}{r} 74 \\ \hline 2352 \\ 4116 \\ \hline 4351,2 \end{array} \quad \begin{array}{l} 461 \\ \hline 94 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2022 \\ \hline 278 \end{array}$$

On trouve donc que 588 lignes d'acier s'alongent de lig: 0 $\frac{94}{360}$ en 27 degrés. on fera pour les Verges de Cuivre la proportion suivante fondée sur ce qu'une Verge de 461 lig s'allonge de $\frac{121}{360}$ en 27 degrés —

$$461 : 121 :: 588 : x = \frac{154}{360}$$

$$\begin{array}{r} 121 \\ \hline 588 \\ 1176 \\ 968 \\ \hline 7124,8 \end{array} \quad \begin{array}{l} 461 \\ \hline 154 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2504 \\ 1998 \\ \hline 154 \end{array}$$

588 lignes de Cuivre s'allongent donc de + lig 0: $\frac{154}{360}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

or lig: 0: $\frac{154}{360}$ surpasse lig: 0: $\frac{94}{360}$ de $\frac{60}{360}$

ou de lig 0: $\frac{6}{36} = \frac{1}{6}$ de ligne c'est a dire que 27 degrés de temperature produisent un mouvement d'un sixieme de ligne : Il faut donc donner des dimensions aux leviers qui soyent telles que pendant que le petit levier qui ~~porte~~ appuie sur la verge de cuivre parcoure $\frac{1}{6}$ de ligne : le porte cheville ~~en~~ parcoure 4 lignes ou 24 fois plus de chemin ~~11~~

le porte cheville est distant de 15 lignes de son centre de mouvement - et la longueur du du petit levier qui appuye sur la verge de cuivre est de 2 lignes : d'où on voit qu'en donnant 48 lignes au grand levier et le faisant agir sur une cheville distante de 15 lignes du centre du porte cheville celui cy parcourra 4 lignes lors que le petit levier parcourra $\frac{1}{6}$ de ligne

voila donc a peu pr̃ les dimensions de la machine : Pour approcher de l'extreme perfection ~~en faisant experience par le chaud et le froid~~ lors que tout le mechanisme sera executé nous lui ferons eprouver differents degrés de temperature et s'il arrive qu'elle avance ou retarde ~~11~~ d'où on voit que si le ~~pression de~~ ressort agit avec $\frac{1}{2}$ ~~11~~ de force appliqué a 18 ~~11~~ du centre du porte cheville la verge de cuivre eprouvera une resistance de 12 ~~11~~ : c'est donc comme si elle portoit un poids de 12 ~~11~~

par le chaud & le froid nous corrigerons ces ecarts au moyen de la cheville portée par le grand levier laquelle nous rendons mobile pour l'approcher ou ecarter comme nous avons dit de la partie du porte cheville et par la augmenter ou diminuer son mouvement —

Nous pouvons aussi rendre le porte cheville plus fort ou plus foible et augmenter par la ou diminuer son effet sur le spiral et par consequent ~~changer~~ l'espace qu'il doit parcourir —

Le 14 fevrier

J'ai fait un porte cheville ou pince spiral : plus fort afin de diminuer le chemin que doit faire la coulisse a 9h. 26m. mis a l'heure au retard en une heure Retarde de 17s.

a 10h. 28m. avancé de 15s.

Retarde 2s. en ½ heure. c'est donc 4s. par heure ainsi 15s. ont produits 13s. de difference par heure avancé la coulisse de 5s. ~~en~~ a 10h. juste — en une heure a été juste Il paroissoit que la pince spiral plus fort n'auroit changé en rien a la vitesse de vibration p. mieux nous apeurer nous allons en faire un fil peu flexible —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puis que Nous Sommes obligé de faire parcourir un aprs grand espace a la Coulisse pour corriger les ecarts du Chaud et du froid Nous donerons - aprs de liberté a cette Coulisse pour navoir pas besoin dun Ressort de pression trop fort et capable daffaiser les Verges et dé - changer la Dilatation

a midy 10.m avancé de 20.d la Coulisse, La Machine etoit Reglée, au point ou elle etoit - et Lors qion la mettoit 20.d en arrière - elle Retardoit de 17.s
en 20.m avance de 6.s cest environ 18.s par heure dou Lon voit que dans lespace que La Coulisse parcourt qui est de 40.d - Cavance ou retard est très sensiblement proportionnel au ~~espace que~~ chemin quelle fait. 5.d. repondent a environ 4.s davance ou de Retard par heure
Pendant les precedentes Experiences la Temperature a été Constament a 10.d
Nous avons averti que cest toujours des degrés - du Thermometre de Reaumer dont nous parlons Lors quil est question de Temperature

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai. Le 16e Février
J'ai fait un ressort Spiral très fort et
Infiniment peu flexible
a 12h. 47m. mis la Coulisserie bout au
retard
en 20m. Retarde 8s. fait 24s. par heure
avancé la Coulisse de 20d. a 1h. 12m.

Mis la Coulisserie en arriere après avoir touché
aux Spiraux pr. Regler la machine au
milieu du Mouvement de la Coulisse
en 12h. Retarde de 128s. C'est : 10s. 8/12
par heure
avancé de 17d. La Coulisse en une
heure avance de 4s. C'est donc a peu
pré 17d. qu'il faut faire mouvoir la
Coulisse pour corriger l'écart produit par
27d. de difference dans la Temperature
Je n'ai pas pu apercevoir de difference
dans la force du ressort Spiral fort ou foible
car le foible donne egalement 15s. de difference
pr. 17d.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 20e Fevrier

J'ai terminé après des difficultés infinies la Machine a Compensation qui fait assez bien les effets - mais a laquelle il reste a desirer car malgré toutes les attentions que j'ai prises pour eviter la flexion des Verges cependant elles y sont sujettes. J'ai diminué autant que j'ai pu le frottement de la coulisse mais malgré cela il faut que le Ressort appuye un peu fortement afin de ne pas rendre son effet Equivoque ou le grand Espace qu'il faut que cette Coulisse parcoure pour corriger l'effet du Chaud & du froid augmente considerablement la pression sur les verges lesquelles se courbent et font Ressort au lieu de se dilater : ~~il faudr~~ Mais ces defauts n'empecheront point que l'on ne puisse parvenir a remplir l'objet en question il ne faut pour cela que ~~d'en~~ faire des Verges beaucoup plus fortes et sur tout selon leur largeur et particulierement celle qui porte sur la platine qu'il faudroit faire appuyer dans toute sa Longueur sur une barre de fer le Pont qui porte ces verges doit etre tri solide et fortement attaché a la

Platine car il faut que ces pieces soyent
inebranlable sans quoi la dilatation ou Contraction
des Verges employeroit uniquement a les faire
flechir sane produire le Mouvement de la
Coulisse Ces pieces ont été faites tres forts
mais cependant pas encore assés
J'avois cru pouvoir diminuer la quantité
de Mouvement quil est besoin que la Coulisse
fasse pour corriger les effets du chaud & du
froid et pour cela j'avois imaginé qu'en le
faisant plus forts ou plus foibles les pieces
spiral que j'y parviendrai mais l'experience m'a
appris que cela ne changeoit rien au
mouvement de la Coulisse
On peut augmenter la longueur des Verges de
Compensation en portant le centre de Mouvement
du levier a l'entrevité de la boite ainsi toutes les
Verges auront alors même longueur on aura
par ce moyen un plus grand excès de Dilatation
Il faut tenir la Caisse plus grande en sorte que
les Verges puissent avoir 24 pcs de longueur
on aura donc 72 pcs de verges d'acier & autant de celles de cuivre
72 pcs = 864.

12
144
72
864

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si 461 : 74 :: 864 :
74
3456
6048
63936 ∠ 461
138 318
1783 467
4006
318

Si 461 : 121 :: 864
121
864
1768
864
104944 ∠ 461
1274 227
3524 138
297 89
360

60
12
120
60
720

on auroit par ce Moyen Lencé du Cuivre sur L'acier pour 27 degré de difference dans la temperature de $\frac{189}{360}$ ligne ou un quart de ligne ainsi pour que le porte cheville parcours 2 ligne il faudroit qu'il fit 16 fois plus de chemin que Lencé de la verge de Cuivre Leffet de la pression du Ressort en deviendroit moindre et les verges etant plus forts en servient beaucoup moins affaissés et je suis très asseuré qu'avec ces precautions on parviendra a corriger toutes les Inegalités qui peuvent causer les changemens de temperature Inegalités très considerable puis que comme nous l'avons vu la difference des vibrations prises lorsque l'horloge etoit a la glace et ensuitte a 30 d. de chaud a donné 15 par heure or cette cause est presque uniquement causé par le changement dans le Ressort spiral —

CNAM

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 21e. fevrier 1761

J'ai remonté l'horloge marine entierement achevée a l'exception de la suspension dont le Modele est fait j'attends le froid pour faire l'experience de la Machine de Compensation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 22e Fevrier

Notre horloge Marine ayant eu jusques ici remplis notre attente et nos principes etant confirmés par l'experience Il ne nous reste a desirer qua porter a sa perfection La Machine de Compensation dont la flexion des Verges nous choque et est un obstacle au succés que nous pouvons esperer de cette Machine utile Nous avons cru ne pas devoir laisser Imparfaite cette partie essentielle de la Machine et quoi que nous ayons deja passé bien du tem apres cette Machine Marine et quelle nous cause une dessense ~~que~~ dont nous n'esperons de dedomagement que dans le plaisir d'avoir remplis notre but ~~tout les Raisons dit que nous obligeons~~ Nous ne persistons pas moins a la Conduire a sa perfection C'est pour y parvenir que nous allons recomencer tout ce qui concerne La Machine de Compensation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et la Maniere dont Nous allons la
Construire Nous apeure entierement de
son Succés Voici la Disposition

1° Pour eviter la flexion des Verges nous les
disposerons dans un chassis comme celle de notre
Pendule Astronomique, tout l'effort se fera
alors perpendiculairement sans tendre a
faire faire Ressort aux Verges comme il
arrive a celle que nous avions employés
car il n'avoit que tout Leffet de la
dilatation s'employoit a Courber la
Verge et non a mouvoir le levier
les Verges n'auront pas besoin d'etre
plus forts car ~~comme~~ l'effort sera divisé
sur deux verges Correspondants ainsi
Leffet de L'affaissement ne pourra
avoir lieu Nous aurons donc remedié
a deux d'effauts L'affaissement des
parties des Verges et leur flexion

2° Nous ferons Le porte cheville ou
piece de coulisse en acier afin de
diminuer son frottement sur la Platine
et d'augmenter sa force cette piece

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pourra etre prefiée par un Ressort plus fort
Sans craindre la flexion qu'elle pourroit
causer aux Verges comme cela arrivoit
cy devant l'effet de cette coulisse sera
plus asseuré elle sera plus inebranlable
aux petits mouvements du Spital contre
le prince Spiral

8°. Nous transporterons le Mouvement du
levier a l'extremité de la Verge et de
la boîte nous aurons par ce Moyen
toutes les Verges de même longueur
4 Il y aura 3 Verges d'acier et autant
de Cuivre elles auront 18 pcs chacune
Il y aura donc a cause des chassis 12 Verges
ou branches a cotés les uns des autres ce qui
formera une largeur de 4 pcs les verges
ayant 4 lignes de largeur comme les
precedents
5 La Verge de cuivre du Milieu aura deux
largeur c'est a dire 8 lignes ainsi toutes
les parties eprouveront le même effort
que celles des autres Verges de Cuivre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour être asseuré que l'effort sur les Verges se divise egalement nous placerons des leviers mobiles au haut des Verges

6° Les Verges de Compensation seront placées a plat sur la Platine et fixée avec elles par deux forts Vises nous eviterons le pont que nous avions employé et dont la hauteur donoit de la flexion

7° Ce petit levier qui appuyera sur la Verge aura une tige courte et sera porté par la Platine et par un Pont tri solide et Infexible

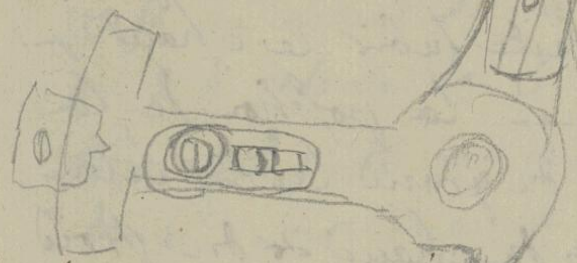
~~8° La Verge de Cuivre sera saillante au dehors du Chassis passant a travers une Mortaise du chassis~~

8° La Verge de Cuivre du Milieu portera une piece coudée ~~a~~ sur chaque ~~tout~~ ~~Volant~~ ces deux pieces coudée se Reuniront en dehors du Chassis dans le Milieu de son Espaisseur sur le bout reuni qu'appuyera le petit levier dont le grand bout sera Monoit la coulisse

9 le petit levier ou ce qui en tiendra lieu sera une cheville d'acier fixée hors du Centre du grand levier a la distance que nous le donnera le calcul que nous ferons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le grand levier paroa
de sous le chassis que nous
serons obligé d'élever
d'environ 4 lignes au
dessus de la platine
du chassis
a cause des leviers au
vette il en resultera
un avantage c'est que



le chassis etant ~~plus~~ a aussi
a la même hauteur
que les Ressorts spiraux
Il ne pourra y avoir
aucune difference
dans la temperature
Ils seront au contraire
aussitot penetré lun
que lautre par des
changements subits
de froid ou de chaud
nous donnerons 20 pg de longueur
au chassis et nous aurons au moins
60 pg de Verge d'acier et autant
de cuivre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voila enfin les dernieres dispositions de Notre horloge Marine Nous sommes entierement assuré actuellement qu'avec la Construction dont Nous venons de parler nous Corrigerons aussi parfaitement les changements de temperature que nous l'avons fait dans Notre Pendule. Sur tout après que nous l'auron faite subir le chaud et le froid et changé la position de la cheville mobile du grand levier selon que les Impressions du chaud et du froid tendroient a faire avancer ou retarder l'horloge Nous allons donc travailler a mettre ce Mechanisme en Execution ainsi que la suspension et tout preparer pour l'hiver prochain si nous n'avons pas le bonheur d'avoir encore du froid

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Experience faite le 24 fevrier

Jai exposé L'horloge au froid le Th etant a 2 degrés au dessus de la glace La coulisse a 4d. Mise a l'heure a 7h 47m en 2h avance de 5s.

Coulisse etoit a 5

mise au chaud Th a 35d.

en 2h retarde de 5s : Coulit a 0.

ainsi 30d passé ont fait mouvoir la Coulisseve de 5s L'horloge a retardé 10s en 2h

Calcul pr 60 pas de Verge cest a dire 3 vergs de 20 pas

60
12
720

20 pas = 720

461 : 74 : : 720
74
2880
4940
52280 ⟨ 461 / 111
618
570
409

461 : 121 : : 720
121
720
1440
720
871,20 ⟨ 461 / 188
4102
4140
452

189
112
77
360

360 ⟨ 77 / 4 sa 77
52

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons employé ci devant pour Principe de Notre Calcul qu'une Verge d'acier qui a 461 lignes s'allonge de $\frac{74}{360}$ ligne en eprouvant une chaleur de 27 deg. au dessus de la glace Voyons si cela s'accorde avec les Experiences qui ont été faites par Mr. Bouguer a Quito et qui sont Rapportées dans les Memoires de l'academie année 1745. Monsieur Bouguer a trouvé qu'une barre de fer de six pieds etant mise a la glace et ensuite a l'eau bouillante s'allonge de $\frac{47}{100}$

6 p.ds = 864 lignes ainsi nous trouvons que 27.d doivent faire allonger 6 p.ds de $\frac{138}{360}$

or si 27.d donnent $\frac{138}{360}$ combien 80.d terme de l'eau bouillante

27 : 138 :: 80 = 445

$$\begin{array}{r|l} 80 & \\ \hline 12040 & 27 \\ 124 & 445 \\ 160 & \\ 25 & \end{array}$$

Nous trouvons donc qu'en partant de nos Experiences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une barre de fer de six pieds passant de la glace a 80° de Chaleur au dessus s'allongeroit ~~d'une ligne~~ $\frac{445}{360} = 1\,lig + \frac{85}{360}$

C'est a dire pré de $\frac{5}{4}$ de lignes et selon Mr. Bouguer elle ne s'allonge pas de demie ligne mais seulement de $\frac{47}{100}$ d'où peut venir cette difference? Je crois avoir fait mes Experiences avec une tré grande precision et je ne doute point de l'Exactitude de celle de Mr Bouguer mais je crois que la Dilatation d'une Verge de Metal plongée dans l'eau bouillante doit differer de celle qu'elle éprouveroit dans un air dont la Temperature seroit de 80° ce qui doit venir des ~~pores que~~ dont l'eau doit boucher le passage a peu pré comme il arrive que si on place une ~~tho~~ barre de fer sur la flame des bougies la fumée forme une croute qui empeche le passage des parties du feu a travers les pores.

Il paroit même que Mr. Bouguer ne s'est pas arrêté a l'experience que je vient de rapporter et dont il est fait mention

page 239 des Memoires de Lacademie Année 1745: Car voici ce qu'il dit page 256-

„ Quoi qu'il en soit nous croyons qu'on ne „ se trompera guère si l'on prend pour „ Principe d'Experience lors que les differences „ de la chaleur ne seront pas respectives qu'un „ changement de 8 degrés dans le thermometre „ de M. de Reaumur produit environ „ $\frac{4}{100}$ de ligne de difference dans l'entorse „ du fer sur une longueur de 6 pieds;

Si 3 : 4 :: 80 : $\frac{320}{20}$ $\frac{13}{106}$

on voit que 80 : de difference donneroient $\frac{106}{100}$ ou une ligne $\frac{6}{100}$ ce qui est bien different de $\frac{47}{100}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Du Calcul des La force de Mouvement de nos Balanciers Comparés a celle d'une Montre a 8 Jours a deux Balanciers

Lorsque nous calculames La pesanteur des Balanciers de nos Montres a deux Balanciers nous trouvames ~~quil~~ que le poids des deux Balanciers devoit etre egal a celui d'un simple Balancier

Nous employerons donc dans notre calcul pour comparer les forces & les frottements nous employerons celle de la pesanteur des deux en nous servant de notre Montre de Comparaison de 8 jours

avec de la Montre de Comparaison 8: cœur de L'horloge 1

Diametre du Balancier de Comparaison 11.li $\frac{5}{12}$ cœur de --- 12 p.ce

force motrice a une Roue de 5.tn 1 gros --- 2.tt

pesanteur des Balan 19 grain --- 9.tt 15.on

$11\frac{5}{12}$
6
66
2

force de Mouvement de Comparaison 161956

144
144
576
576
144
20736 quarré de la Ortepa des grands Balanciers

qui faut multiplier par leurs poids

9.tt 15.onc = 159 onces = 1272 gros

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

120

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

27e Février

Si on vouloit parvenir a avoir un Regulateur plus puissant encore que celui que nous avons employé on pourroit faire chaque Balancier de poids de 10 a 12 ℔ cela diminueroit les frottements des pivots qui ne seroit pas necessaire de faire plus gros que nous n'avons fait.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5 pieds 10 :: 9 = 70 pieds 9 lignes = 849 lignes

12

12
140
70
840

A. 461 lig. 74 :: 849

74
3396
5943
62826 ⟨ 461 / 136
1672
2896
130

10 pieds 1/2 = 126
14
112

A 461 : 121 :: 849

121
849
1698
849
102729 ⟨ 461 / 222
1052
1309
387

136
86
5
430

112 ⟨ 16 / 7
0

5 pieds 11 9

71 : 9
12
142
719
861

849
12
861

861
74
3444
6027
63714 ⟨ 461 / 138
1761
37896

101 pieds

120

222
138
84

Du 19e Mars 1761

Les Verges de Compensation de l'horloge Marine sont finies d'aujourd'hui Voici leurs dimensions -

grand chassis d'acier 2 pieds 6 lignes
Second chassis d'acier — 1 p. 11 p. 8 lignes
3e chassis d'acier — 1 pied 10 pouces 9 lignes

pieds 5 : 10 pouces 9 lignes

Verges de Cuivre

1res — — — — 1 pied 11 pouces 10 lignes
2e — — — 1 pied 10 pouces 11
3e Verges de Cuivre 2 pieds

pieds 5 10 : 9

La Somme des Verges d'acier est donc egale a celle des Verges de Cuivre. ~~trouvons~~

Trouvons l'excé d'allongement des Verges de Cuivre sur celles d'acier afin de determiner les Dimensions du Levier de Compensation —

L'allongement de l'acier devroit de $\frac{136}{360}$ exposé a 27° au dessus de la glace

et celui du Cuivre de $\frac{222}{360}$ exposé a la même temperature l'excé de dilatation du Cuivre sur l'acier

est donc de $\frac{86}{360}$ c'est a dire fort pris d'un quart de ligne or nous avons vu que L'horloge eprouvant une difference de 27 degrés dans la temperature le porte cheville devroit parcourir 4 lignes pour corriger les impressions que cause cette difference : il faut donc que le porte cheville fasse 16 fois plus de chemin que Lexcé des verges de Cuivre : ce qui feroit 4 lignes. Mais comme Lexcé n'est pas tout a fait d'un quart de ligne il faut que le porte cheville fasse ~~pris de 16 fois~~ $16\frac{30}{43}$ fois plus de chemin que l'excé des verges de Cuivre au reste c'est a L'experience a finir exactement ce chemin la cheville mobile du Levier de Compensation servira a cela

La distance du Centre du Levier de Compensation au centre de mouvement de porte cheville est de ~~12~~ pcs = 144 lignes. Il faut après cela trouver le point de Contact du levier sur le bras du porte cheville

Dimensions du Levier

La cheville qui appuyera sur la d. verge de Cuivre sera distante de 8 lignes du Centre de mouvement du Levier.

Le grand levier aura 150 lignes ou 10 pcs 10 lignes il agira a 15 lignes du Centre du porte cheville

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cest a dire a la même distante ~~meme~~ du porte cheville ~~et le grand levier est 17 fois plus grand que le petit~~

le grand levier etant de 130 : lignes et la cheville qui appuye sur les verges etant distante de 8 lig. du ~~meme~~ centre de mouvement. L'extremité du grand levier parcourt un espace 17 fois plus grand que la cheville ~~et~~ ce levier parcourt donc 4 lignes tandis que le petit ou ce qui est le même la verge de cuivre ne parcourt que $\frac{86}{360}$ or ce grand levier agissant a 15 lignes de distance du ~~centre~~ du porte cheville celui cy parcourra aussi 4 lignes. Lors que les verges eprouvent une difference de 27 degrés dans la temperature ayant posé les verges sur la platine et fixée j'ai trouvé la distance du centre du levier au porte cheville ~~est~~ de 10 pg ½

plaçant donc la cheville a 7 ligne de distance et celle du grand levier a 112. celle cy parcourra 16 fois plus de chemin cette grande cheville agira alors a 14 lignes du centre du porte cheville : or le porte cheville est distant de 15 : lignes ainsi l'espace qu'il parcourra sera a celui de la cheville du grand levier comme 14 est a 14 : or celui cy decrit p. 27 degrés de temperature 16 fois $\frac{86}{360}$ lig. $= \frac{1376}{360}$ lign

or si : 14 : 1376 :: 15 $= \frac{1474}{360} =$ lig. $4\frac{34}{360}$

$$\begin{array}{r} 1376 \\ \times\ 15 \\ \hline 6880 \\ 1376 \\ \hline 20,640 \end{array} \Big\langle \begin{array}{l} 14 \\ \hline 1474 \end{array}$$

66
104 60

$$\begin{array}{r|l} 1474 & 360 \\ \hline 34 & 4 \end{array}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Du 22e Mars 1761

Nous avons ~~fait~~ ajouté deux Correction essentielles en executant Notre Mechanisme de Compensation La pre c'est de faire mouvoir le porte cheville ou Rateau dans une Coulisse formée par une portion de cercle d'acier ~~entre laquelle se meut~~ le Rateau se meut entre cette glaque et La platine sans jeu et ~~fort~~ librement ~~Lo Mon~~ Cette Coulisse est assés Longue pour que le Rateau ne sorte point pendant les Extresms chaud ou froid.

La Seconde Correction c'est que nous avons formé une petite Cage entre laquelle se meut Le Levier de Compensation et de manière a ne pouvoir flechir ainsi que cela arrivoit avec un simple Pont cette Cage est formée par la platine sur Laquelle sont fixée les Verges de Compensation ~~et par une petite~~ ~~sur laquelle~~ J'ai Rivé sur cette platine trois courts et forts piliers une petite platine qui s'ajuste sur ces trois piliers forme ainsi une cage Inebranlable Les Verges de Compensation ne sont pas arretés moins solidement elles sont elevés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 5 lignes au Dessus de la Platine a Cause des chassis ou levis de la verge et de Celui de Compensation : Pour Elever cette Verge j'ai Rivé sur la platine deux forts pilies ayant 5 ligne de hauteur La Verge s'attache sur ces pilis au Moyen de deux forts Vis. Les Levier de Compensation etant longs Je l'ai fait tres fort ensorte qu'avec tout ces precautions Nous esperons avoir evité toute flexion ensorte que La Dilatation & Contraction des Verges agira avec toute son energie sur le levier de Compensation et celui cy sur le porte cheville ou Rateau ce qui corrigera parfaitement les Impressions du chaud & du froid sur l'horloge #

Le 1er Avril 1761

Nous avons fait marcher l'horloge totalement finie Nous allons maintenant observer la Marche —

La machine executée il est resté encore un peu de flexion 1° par ce que les Leviers etoient un peu etroit ensorte qu'ils flechissoient encore. # 2° C'est que les forts des chassis sont trop etroits et sujets par la a flechir : Ils devroient avoir 3 fois plus de largeur sur tout ceux du grand chassis : cependant malgré cette flexion qui est infiniment petite la machine fait très bien son effet

J'en ai fait de plus Large qui sont très solide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Experience faite Le 10e Avril 1761 —

L'horloge Marine etant achevée de La Maniere que nous Lavons Expliqué cy devant ~~je~~ Lai Reglée a peu prés dans une temperature Moyene et de sorte quelle Retardoit de 25s en 24 heures exposée a ~~une~~ 8d du thermometre de Reaumur —

Jai fait chauffer mon Cabinet et ~~Lentrant que Le th~~ dans lequel Jai placé L'horloge exposée pendant sept heures a la temperature de 19d. L'horloge a avancé d'une seconde au lieu quelle auroit retardé de 7s Si elle fut restée a 8d de temperature ce qui prouve La bonté de mon Mechanisme puis que La chaleur fait actuellement ~~Retard~~ avancer L'horloge au lieu que Sans la Compensation elle Retarderoit de plus de dix secondes par heure. pour corriger parfaitement La difference quelle a faite il ne faut que faire ~~mon~~ rapprocher la cheville Mobile du grand Levier ~~afin~~ de Son Centre afin quelle fase parcourir Moins de Chemin au Rateau

pendant cette Experience Le Rateau a parcouru 8 degrés c'est a dire qu'un degré de Changement dans la temperature sur le th de Reaumur fait parcourir prés d'un degré au Rateau du Spital puis que 10 degrés de chaleur et ont fait parcourir 8:

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La longueur actuelle du grand levier est de 10 pds moins deux Lignes pris du Centre jusques a la cheville

La point de Contact de la cheville pendant les precedentes Experiences etoit distant de 7 lignes du Centre du Rateau

~~La distance de~~ la cheville ou talon du grand Levier qui ~~agit~~ agit sur la Verge de Compensation est distante de 7 lignes du Centre

~~10 pds~~ 9 pds ~~10~~ lig = 118 Lignes

$$\begin{array}{r} 12 \\ 9 \\ \hline 108 \\ 10 \\ \hline 118 \end{array} \Big/ 7 \quad 16\tfrac{6}{7}$$

48
6

La cheville du grand levier parcourt donc environ 17 fois plus de chemin que le talon ~~celle~~ qui appuye sur les Verges de Compensation : et comme elle agit a 7 lignes de distance du Centre du Rateau et que le point cheville est pris du double plus distant il suit que celui ci a parcouru pris de 34 fois plus de chemin que l'écrou de la Dilatation du Cuivre sur l'acier

---

8 degrés parcourus par le Rateau font 4 lignes de chemin ~~le pour~~ or les divisions du Rateau sont distantes de 30 lignes du Centre : ~~et lorsque~~ c'est a dire 4 fois plus que le point de Contact du grand levier : ~~celui~~ donc la cheville de ce levier a parcouru ~~116~~ ligne or comme le talon du grand levier fait 17 fois moins de chemin elle n'a parcouru qu'un 17e de ligne ce qui marque l'écrou de Dilatation du Cuivre sur l'acier pour 11 degrés de difference dans la temperature si $11 : \frac{21}{30} :: 27$) nous trouvons donc cette difference ~~Il faut~~ moindre que nos Experiences ne l'avoient donné ; ~~Il faut~~ il faut observer que les verges de Compensation eprouvent ici une resistance qui doit detruire une partie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'extension et surtout du cuivre au lieu qu'en faisant nos Expériences sur le Pyromètre les verges de fer ne portoient aucun poids enforte que l'extension se faisoit avec toute l'énergie possible

Remarque

Dans le premier Instant ou l'action subite du feu s'a-
git sur l'horloge elle la fait retarder de 3' en une heure par la
raison que les spitaux étant plus mince que
les Verges de Compensation ils ont été plustost
penetré que ces Verges Mais ce changement si-
subit n'a Jamais lieu ~~dans l'air~~ Naturellement
d'ailleurs les Verges une fois penetrés Conservent
leurs Chaleur plus de tems ce qui Compense
et lorsque la boîte ~~étant~~ de l'horloge sera sus-
pendue dans l'air et environnée de toutes
parts par la même temperature il arri-
vera que toutes les parties de l'horloge
seront penetrées de proche en proche en
passant par tous les degrés intermediaires
ce qui n'arrive pas lors que le changement
est si subit : ainsi ~~toutes~~ les Verges et les
Spitaux seront alors toujours la même
temperature et changeront en meme tems

~~Il y a d'ailleurs une cause~~

Il est bon de remarquer que cet ecart de l'horloge
pendant les premiers instants ou elle étoit chauffée
est aussi causé par la grande resistance du bateau
a être une resistance qui diminue diminue l'extension
et

Nous employerons cette Machine pour estimer exactement la Dilatation absolue des Metaux par la Methode indiquée au bas de la page 65. pour cet effet nous placerons l'horloge dans le froid et ensuitte au chaud l'espace parcouru par le Rateau nous donera l'encé de Dilatation du Cuivre sur l'acier et come nous connaissons par nos Experiences le Rapport entre les dilatations nous pouvons en conclure l'allongement reel de chaque

~~Fin du Compte rendu~~
de la Matière qui a servi
fin du chap. 13 de l'Essai

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Projet de perfection pour l'horloge Marine 4. Janvier 1762

Quoi que nous ayons donné ~~a notre horloge Marine~~ cy devant tout le degré de perfection a notre horloge Marine qui etoit en notre pouvoir Nous croyons cependant qu'en construisant une de Nouveau il seroit possible de la mener beaucoup plus loing

horloge Marine a Pendule 4. Janvier 1762

1. Il est essentiel de chercher a faire occuper a la machine le moindre volume possible afin de la rendre moins embarrassante dans le vaisseau

2. Il faut la composer de maniere qu'elle devienne moins couteuse

Pour y parvenir nous imaginons qu'il est possible de disposer une horloge a Pendule et a poids pour cet effet il faut employer un tri-Pendule a prompte vibration afin qu'elles soyent dissemblables a celles du vaisseau

2. Il faut employer un Pendule composé qui remedie au Dilatation des Metaux

3. Il faut suspendre l'horloge a une double suspension a Cardan

4. Il faut employer pour moteur un poids

on peut employer un Pendule qui ait au plus 5 pieds
en ne lui donnant que 4 pieds il battroit dix tiers de
seconde. c'est a dire 9 battements par seconde
on peut employer une Lentille pesante comme par Exemple
de 3 lb. Sus pension du Pendule a Couteau
Le Pendule decroissant de petits arcs: ~~La force~~ Echappement
Jochrons. La force Motrice assés grande pour restituer
le mouvement au Pendule dans le Cas ou de forts
secousses pourroient Interrompre
une telle Machine seroit très simple peu embarrassante et
peu Couteuse mais il resteroit un doffaut celui l'effet
du changement de ~~Pesanteur~~ du Pendule en allant
du pole a l'Equateur. au reste cela pourroit etre
Corrigé par l'experience en transportant du Nord au
Sud une telle horloge reglée dans un lieu a tel Jem
perature La difference pour tant de latitude seroit
a donner la ~~quantité~~ Correction a faire d'ailleurs
la difference des latitude donne la quantité a corriger
Quand au Pendule composé il ne faudra que le faire
que de trois verges deux d'acier et une de cuivre
et un levier de compensation; avec une fourchette
pour porter la Lentille; et il faudra proportion
le poids de la Lentille a la grosseur des verges selon
nos remarques et experiences ensorte qu'il n'y ait
point d'affaissement et que l'extension se fasse
avec toute son energie
On trouvera page 74 La disposition qu'il faut donner
au ~~Moteur~~ poids pour qu'il agisse uniformement
et l'empecher detre susceptible de ~~imperfection~~ agitation
du Vaisseau
Il y a ~~deux~~ Moyens de sus pendre le Pendule; 1° ou par un
Couteau ou par des Ressorts: en employant des Ressorts dans de
certaine agitations le pendule pourroit faire des Oscillations
~~oblique~~ obliques: deffaut qu'on peut corriger dans celui a Couteau
et d'ailleurs on peut disposer le Couteau de sorte que dans certains contrecoups
il ne puisse decasser de la gouttiere

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 6e. Janvier 1762

Des Moyens de perfectioner Notre horloge Marine

Comme les variations ~~qu'éprouve~~ que fait naturellement l'horloge Marine en passant du chaud au froid est un des plus grands obstacles que nous ayons a vaincre nous devons y apporter beaucoup plus d'attention c'est pourquoi si nous avions a reconstruire une horloge il faudroit employer deux verges composées afin que l'action du chaud qu'éprouve chaque spiral fut corrigée par l'effet de la verge de compensation : alors il en resulteroit deux avantages essentiels c'est 1° que dans tous les tems les vibrations de chaques spiral seroient de la même durée entrelles ce qui rendroit les oscillations plus libre : 2° c'est que le chemin de chaque ~~porte~~ ressort spiral ne seroit que la moitié de celui qu'il parcourt actuellement. ainsi le vaisseau pourroit être pesé par un ~~ressort~~ plus fort sans affaisser les verges de compensation et ces vaisseaux seroient plus fins et sauroient en un point et sans changer autrement que par la dilatation les verges au lieu que dans l'état actuel de cette horloge le point ou s'arrete le vaisseau n'est pas parfaitement déterminé enforte que si on le pousse de cote ou d'autre il ne revient pas parfaitement au même ~~point~~ endroit mais a un degré pres

Nous n'avons pas trouvé autant d'avantage que nous nous en étions flatés a faire de grands Balanciers et ils ont cependant été d'une tres grande difficulté d'execution Nous croyons donc que ~~on pourroit~~ ne leur donnant que six pouces de Diametre et diminuant a proportion les pivots leurs oscillations se feroient presque aussi librement : ~~on pourroit~~ Il faut aussi diminuer de moitié la pesanteur des Balanciers

Quand aux Ressorts Spiraux il ne sera pas necessaire de les faire comme ceux ~~de Hole~~ horloge ils entraînent trop de difficultés on ~~peut~~ pourra leur conserver la meme Elasticité en les executant comme le sont ~~ceux~~ nos ressorts ordinaires par la raison qu'ils seront ~~de moitié au moins~~ 4 fois plus foible et qu'ils pourront etre pris facilement ~~en~~ en employant certaines precautions au reste le pis aller sera de les executer avec les memes soins que nous avons mis en usage

Pour faciliter le jeu des Rateaux en leur conservant cependant la meme justesse il faudra les faire mouvoir entre des Rouleaux : ce qui diminuera le frottement : et pour le centre au lieu de les faire ~~rouler~~ tourner sur un Canon il faudra les faire mouvoir en dehors de la platine sur ~~un~~ Axe portant deux pivots et pour que la pression du ressort qui ramene le Rateau ne cause que peu de frottement il faudra placer a l'extremité du Rateau une chaine ou Corde a boyeau qui ~~[illegible]~~ communique avec un Cavillet qui contient un foible Ressort de Montre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cette maniere la position sera plus uniforme et elle ne se fera pas sur le pivot ainsi que cela arrive en un instant il faut diminuer les Balanciers aux verges de son pendule en sorte que la moindre extension fasse prononcer le Rateau c'est le seul moyen de corriger parfaitement les effets

Quoique notre suspension a ressort exige de certains soins et que cela augmente l'ouvrage il est très essentiel de l'employer par son moyen on reduit beaucoup les frottements mais nous croyons que l'on peut se dispenser de faire rouler les pivots dans des trous d'agathe : Car les Balanciers etant toujours sensiblement dans une situation horisontale le frottement des pivots est infiniment petit et par consequent en les faisant rouler simplement dans le cuivre la difference de frottement sera infiniment petite et ne vaut pas la peine et le travail que ces agathes causent —

Les Balanciers etant plus petits et plus legers ~~approuveront~~ une plus grande resistance de l'air mais on doit tenir peu de compte de ce frottement parce qu'il est ~~tout~~ très petit et que les changements qui arrivent dans l'air ne sont pas capables de deranger la justesse des oscillations

Les Balanciers etant plus legers exigeront une force motrice moins grande pour les entretenir en mouvement ainsi en mettant la machine a poids on pourroit la faire marcher 8 jours sans monter

Car plus les corps seront obligés de vaincre une grande resistance et moins l'extension sera considerable et d'ailleurs elle ne se fait alors que lorsque la chaleur augmente sensiblement ainsi une difference d'un degré de temperature qui seroit pour tous autres horloges insensible produira le rateau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cassini 1722

Remarque

Il est certain que la maniere la plus infaillible de determiner la Longitude en Mer est par les Eclipses des Satellites de Jupiter ou par la Lune et que pour les observer une chaise Marine pareille ou d'après l'Idée d'Irwin est très bonne ~~ainsi pour deter~~ mais on ne peut pas observer tous les Jours les Satelites ainsi pour avoir dans tous les tems le Lieu ou on est en Mer il faudroit joindre une Horloge a la chaise Marine enforte qu'elle servisoit a donner la Longitude pendant les tems intermediaires entre les observations faites avec le Telescope au moyen de la Chaise. Nous croyons donc qu'en Reunissant les deux Machines on aura toujours tres precisement le Lieu ou l'on est en Mer ainsi nous ne pretendons pas atteindre avec notre horloge a une precision qui pourroit bien etre impossible et nous devons convenir que quand meme on pourroit parvenir a cette extreme precision on ne devroit pas pour cela ~~s'appuyer~~ s'arreter a cette seule Methode car une telle Machine est sujette a trop de divers accidents pour qu'on doive en poser un Vaisseau a ce hazard il est donc necessaire d'appuyer une Methode

(a) Mr Cassini avoit donné une Idée de cette suspension dans les Memoires de l'Academie année 1722 page 105 histoire

Cet a celebre Astronome que l'on doit ~~[illegible]~~ des Longitudes par les eclipses des Satelites de Jupiter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

138 par l'autre afin que si l'un manque l'autre puisse y suppleer. C'est donc d'après ce point de vüe qu'il faut envisage[r] de notre horloge Marine & la chaise Marine dont on aura par exemple observé avec cette derniere ~~observé~~ les satelites de Jupiter et de l'observation conclu de la la Longitude du Lieu : on ~~obs~~ notera l'heure qu'il etoit a l'horloge a l'instant de l'Eclipse or je suppose qu'il se passe plusieurs jours sans qu'on puisse observer les Eclipses des satelites on se servira alors de l'horloge en comparant l'heure qu'elle marque ~~qui est celle~~ avec celle du Lieu ou l'on est on aura par la

en disant si a Paris tel Eclipse du 1er satelite de Jupiter (ce qui est donné par les Ephemerides) s'est faite a cette heure, le ~~meme~~ phenomene observé a tant de Longitude est arrivé a cette heure qui sera celle sur laquelle on doit placer l'horloge ainsi elle sera reglée sur l'heure du Lieu de l'observation ainsi si au bout de 8 jours on veut avoir la longitude du lieu ou l'on est on prendra l'heure au soleil de ce lieu et comparant l'heure de l'horloge a celle du lieu on en conclura par la difference celle des Meridien & consequemment la Longitude

#

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Journal de La Marche de L'horloge Marine

Le 8e Janvier 1762:
a 8h 24m du Matin Jai reglé L'horloge sur L'heure de La Pendule Astronomique
Le Th etant a 10d au dessus de la glace

Le 9e
a avancé de 10 Secondes en 24 heures
a 9h 20m remise avec La Pendule
Th: a 10

Le 9:
a avancé de 11s en 24 heures
remise avec la Pendule a 9h 23m
Le 10:
a avancé de 10s en 24h
remise avec la Pendule a 9h 40m
Le 11 en 24h a avancé de 8s
Th a 11½
Du 11 au 14 Le Th etant a 12 degrés L'horloge avancoit de 14 a 15s par Jour
Le 14e remise avec la Pendule a 11h en 24 heures elle a été juste Le Th

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le thermo: etoit a 7 degrés Le Rateau a parcourus 3 degrés tandis que le Th est venu du 10: au 7.

Remarque sur les Experiences precedentes.

L'horloge avancoit constament de 10 s. en 24 heures pendant que le Th etoit a 10 degrés: Mais lors qu'il faisoit plus chaud et que le Th etoit a 12. L'horloge avancoit de 15 s. par jour. et au contraire lors que le Th est venu a 7 degrés L'horloge ~~retardoit~~ etoit juste c'est a dire quelle retardoit de 10 s par jour ~~sur~~ en supposant quelle eut été reglée a la temperature de 10: degrés. Donc l'on voit que les verges de compensation font faire plus de chemin au Rateau qu'il n'est besoin ensorte qu'en changeant petit a petit le point du grand levier sur le Rateau on parviendra a une parfaite compensation

Il resulte ~~beaucoup davant~~ de cet effet des verges des avantages essentiels 1° c'est que la resistance que prouvent les verges diminuera en meme raison que l'espace parcourus par le Rateau 2° c'est que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par une suite de cet avantage le moindre changement des verges se communiquera au Rateau car l'extension se fera d'autant plus aisement que les verges auront a vaincre un moindre effort pour se dilater c'est pour parvenir au même but que nous reduisons le frottement du Rateau (qui est beaucoup trop grand) a la moindre quantité : 1° en le faisant rouler sur un pivot au lieu du grof canon 2° en faisant rouler son extremité sur des Rouleaux et en tenant ce rateau le plus leger qu'il se pourra —

Le 17e Le Mr: etant revenu au 10 — l'horloge n'a avancé que de 4m. en 24 heures au lieu qu'auparavant elle avancoit de 10s. en 24h. cette difference est causée par la Resistance du frottement du Rateau qui a empêché les verges de compensation de le ramener a 0: il est reste du arriere d'un degré : la correction indiquée cy devant pour la diminution du frottement du Rateau est absolument necessaire — et c'est a quoi nous allons travailler —

Pour rendre ce Rateau plus leger nous le ferons d'acier et le ferons tremper en paquet en sorte qu'il soit elastique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en faisant les Rateau en acier avec soin, on pourra se dispenser de faire des Rouleaux pour cela il faut qu'il ne porte que par son Extremité et roule sur une partie ronde de Champ comme ~~fait~~ un traineau : le frottement en deviendra d'autant plus doux que ce sera acier contre Cuivre au lieu que le rateau actuel est de cuivre et frotte sur la platine qui est de Cuivre

Il faudra diminuer ~~les~~ bout de Lame de Balancier autant qu'il se pourra afin de faire un plus petit trou au Rateau et diminuer par là son frottement

Comme le Rateau aura un moindre frottement le Ressort qui le ramene n'aura pas besoin d'être si roide mais au lieu d'amincir le Ressort il faudra approcher du Centre du rateau autant que faire se pourra le point de Contact du levier qui communique au Ressort L'action du Ressort en deviendra plus uniforme

on marquera les degrés sur la plaque d'acier qui forme la Coulisse du Rateau cette plaque devra être en Cuivre le Rateau portera Opden

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De La Maniere dont il faudroit appliquer un poids pour servir de moteur a L'horloge Marine.
18e Janvier 1762

Les differents accidents auxquels un Ressort est sujet nous ont fait rechercher Les moyens propres a appliquer un poids Moteur au lieu du Ressort et nous croyons y être parvenus ainsi que nous allons le faire voir apres avoir parlé des defaut du Ressort —

1° Un Ressort Moteur est sujet a Casser par un changement de temperature Sur tout que ce Ressort ~~est~~ fort, or un tel accident ne peut pas être reparé sur mer et il arrive frequement aux horloges a Ressort

2° Un Ressort change de force selon qu'il est exposé au chaud et au froid ce qui ne peut manquer d'influer sur L'isochronisme des vibration a moins qu'on ne suppose une perfection Constante dans L'echappement ~~de~~ Constant qui ne peut pas Exister a Cause des frottements de L'ancre

3° Un Ressort ~~change~~ perd de sa force a mesure qu'il sert ainsi ce changement influe encore sur La Machine

Enfin Telle parfaite qu'on suppose la fusée ~~la force motrice produite par elle~~ elle ne L'est Jamais au point d'egaler La Justesse Constante d'un poids il seroit donc preferable d'employer celui cy pour Moteur de de L'horloge Marine

Un Ressort exige necessairement que pour adoucir le frottement des spires on y mette de L'huile or a mesure que cette huile s'epaissit le frottement augmente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut Necessairement mettre de l'huile aux Spiros du Ressort pour en adoucir le frottement mais dès que cet huile s'epaissit le frottement augmente et souvent au point qu'il ~~le Ressort perd~~ suspend toute son Energie du Ressort

Par la Construction de la Suspension de l'horloge cette Machine sera toujours sensiblement horizontale ainsi si l'on attache a la boite de l'horloge un tuyau perpendiculaire et que l'on y laisse descendre le poids celui ci descendra librement: ensorte que s'il n'a point de feu les agitations meme auxquelles pourroit etre exposée l'horloge n'influeront pas sur le poids il n'y a que le cas ou le ~~poids~~ se courber le seroit de haut en bas ou de bas en haut alors le poids perdroit ou acquerroit de la force selon les lois de l'agitation mais voici comment nous y remedierons le poids ~~descen~~ sera quarré ainsi que le tuyau il n'aura point de feu: on attachera sur deux cotés opposés du tuyau en dedans deux regles dentées a Rochet comme deux Especes de crenailleres le poids portera deux cliquets qui appuyeront en meme tems sur les dents de deux crenailleres ensorte qu'a mesure que le poids descend les cliquets arboutevont

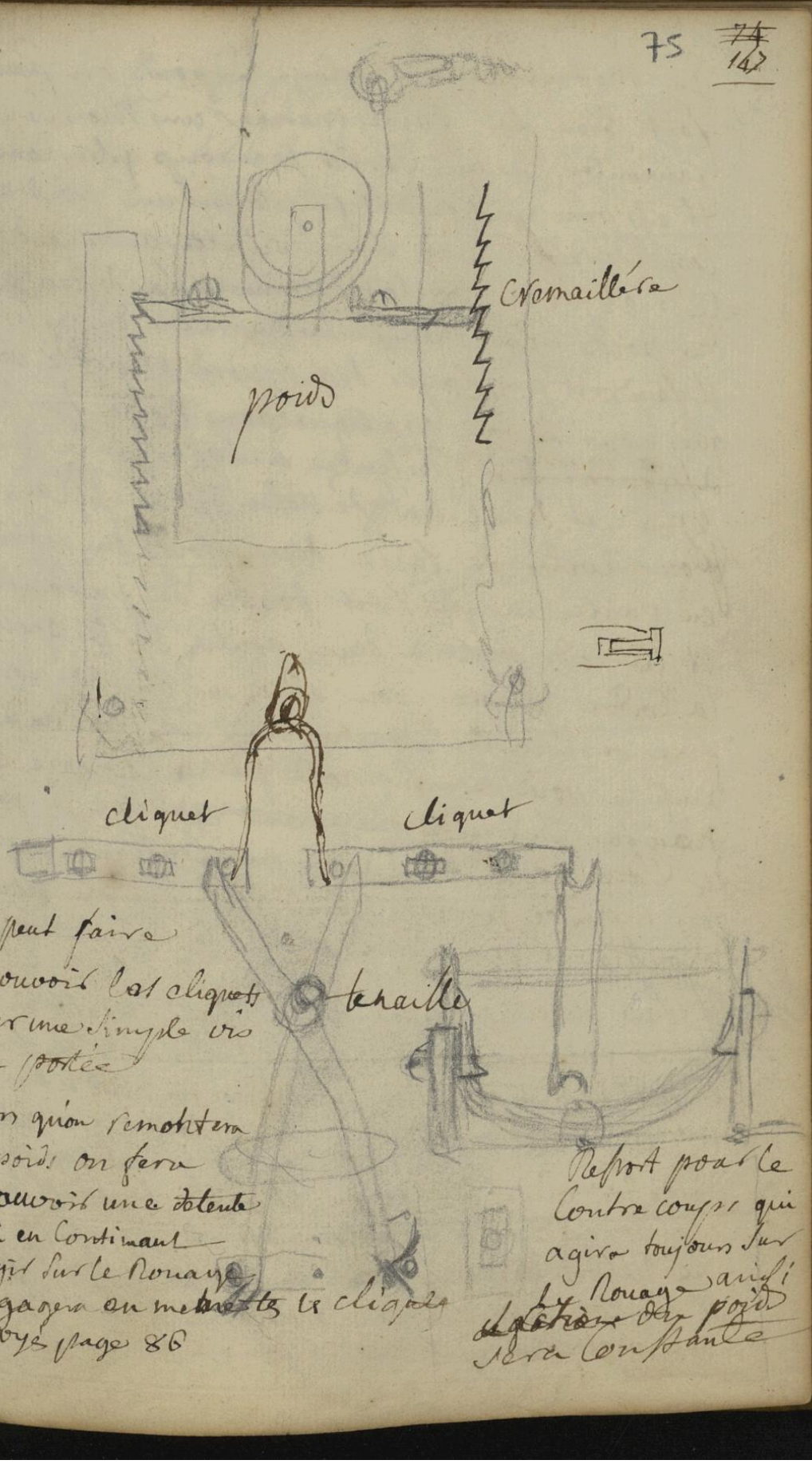
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Contre le Coté droit des dents et que si le
Vaisseau éprouvoit une secousse de bas en haut
le poids ne pourroit pas cesser d'agir sur la Corde
et qu'il ne produiroit pas de Contre Coups a-
Cause que nous supposons les dents des cremailleres
tres petites et qu'il y auroit toujours un cliquet
en prise tandis que l'autre glisseroit contre le coté
incliné des dents

Cela entendu on voit que le poids n'éprouveroit
que les agitations de la boite de l'horloge car ~~non~~
il ne pourroit pas donner de Contre Coups qui le feroit
cesser pendant un Instant de peser sur la Corde
et qui l'Instant suivant agiroit avec toute la
force acquise par sa descente : effet qui
ne manqueroit pas d'avoir s'il n'étoit forcé de
suivre les Mouvements du tuyau et d'être consé-
quent avec lui n'ayant seulement que la faculté
de descendre ###

Maintenant pour remonter ce poids. on voit
qu'il faudra mettre les cliquets hors de prise des
dents des cremailleres. pour cet Effet on
pratiquera ~~au~~ coté des cliquets une Espece de
Tenaille a boucle dont l'un bout agira en
même tems sur la queue des cliquets pour les
rapprocher du Centre du poids et dès que
le poids sera remonté on lachera la boucle des
tenailles et ils agiront de nouveau de-
d'ailleurs par cette disposition le poids n'ayant
pas de Contres coups ne pourroit rompre la Corde : et la
Corde ne pourroit jamais sortir des poulies

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



on peut faire
mouvoir les cliquets
sur une simple vis
a portée

Lors qu'on remontera
le poids on fera
mouvoir une detente
qui en continuant
agit sur le Rouage
degagera ou mettra les cliquets
voyez page 86

Ressort pour le
contre coups qui
agira toujours sur
le Rouage ainsi
~~la force du poids~~
sera constante

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En mettant ainsi l'horloge a poids on pourroit
fort bien la faire marcher un mois sans
remonter ce qui seroit beaucoup plus comode
Il est vrai qu'il faudroit employer un poids assez
considerable mais il n'en resulte aucune difficul
=té : et si on vouloit diminuer la descente
du poids sans changer le diametre du cylindre
il faudroit employer deux poids mouflé ainsi
que nous l'avons pratiqué dans notre horloge
~~Astronomique~~ a equation du an presentée a l'academie en
1764 : et decrit art de notre Spai. Mais
pour éviter de faire deux poids on pourra
en faire un qui soit double de pesanteur
et le poids portera deux poulies sur les quelles
la corde passera. pour aller sur une 3e poulie
fixe et revenir s'attacher par un bout au la boite
ainsi le poids sera supporté par 4 cordons et
agira sur le mouvement qu'avec le quart
de son poids et il aura par consequent quatre
fois moins de descente qu'un poids simple pour
mouflé et fera aller l'horloge le meme tems —

Il faut placer au dessous de la lame d'une poulie
un tré fort ressort afin que le contre coup du poids
en soit amalit et que lors qu'un choc de haut en ba-
fait cesser ~~pend~~ le poids d'agir sur les cordons pendant
un instant qui ne peut etre qu'infiniment court
le ressort tende les cordons et agisse toujours sur
le mouvement cela est extremement essentiel
Ce ressort force l'effet a peu pres du ressort
a boudin qui suspend la machine il faut donc
que les chappes ayent un mouvement en coulisse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suite d'experience sur l'horloge Marine — du 3e Jevrier 1762

L'horloge ayant été reparée comme Je l'ai dit cy devant et l'ayant remontée le Rateau mis a 0: l'horloge Retardoit de 6s en 10h Le Th etant a 10: ensuitte la Temperature etant de 3d au dessus de la glace Le Rateau est venu a 2d du coté du froid en 24h l'horloge a avancé de 20s.

A 1h 41m apres midi remis l'horloge a l'heure.

A 6h mise dans mon Cabinet ou la Temperature est de 12d au dessus de 0, en 2h a été Jugée Le Rateau etoit a 1d du chaud

~~ainsi~~ Il suit de cette Experience que la Compensation ne se fait pas parfaitement car ~~cette~~ l'horloge avance par le froid Mais cela est facile a corriger car j'avois fort ecarté la cheville du levier de Compensation du Centre du Rateau Il ne faut que l'en rapprocher et la mettre a peu près au point de distance donné par le Calcul voyés page 63

L'horloge etant a la temperature de 10d a Retardés de 22s en 12h

Le 4e fevrier 1762

Le froid Exterieur etant a 2d au dessous de la glace J'ai eloigné de 3 lignes la cheville du Grand levier ~~a 7h 10m~~ de son centre afin d'augmenter le chemin du Rateau

a 7h 10m remis a l'heure et au froid en 3h avancé de 6s

Le Th. a 2d

Le Rateau a 2½ froid

remis a l'heure a 9h 57m

en une heure a Avancé de ½ Seconde

Le Rateau est venu a 3d du froid.

Th. a 2d

Le Rateau demeurant Constament a 3d du froid & le Th a 2 l'horloge a avancé d'une Seconde en 3h

a 2h 6m est en avance d'une Seconde

a 8h 6m du soir est en avance de 2s

Le Th et le Rateau comme cy dessus

Le 4e a 8h 6m du Matin

Le Th exterieur a 1d au dessous de la glace et celui qui est dans l'horloge a 0d

Le Rateau a 4d du froid

l'horloge est en avance de 8s or hier a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 6h 6m du soir L'horloge étoit en avance de 2s et elle l'est maintenant de 8s. donc en 12h elle a avancé de 6s. C'est a dire qu'elle a suivi apr constamment la meme progression c'est a dire environ ½ seconde par heure comme elle avoit fait de 9h 57m. a 10h 57:

a 9h 57m elle est en avance de 9s quantité d'accelaration en 24 Le Th constament de 2d au dessus de la glace et ensuitte a zero pendant la nuit & le Rateau d'abord a 3d du froid ensuitte est venu a 4d

a 10h mis L'horloge dans mon Cabinet pour Le prouver par le chaud

a 1h ½ Le Th (placé dans la boite) etant a 10 Le Rateau est venu a 0:

en 3h ½ L'horloge a Retardé de 4s ½

a 5h ½ L'horloge Retarde de 9s.

Th: a 12: Rateau a 2d du chaud

a 6h Juste en Retard de 12s.

en 8h a Retardé de 12s c'est donc 8/12 s par heure ou 36s en 24 heure et elle a avancé de 9s en 24 par le froid c'est donc 45s de difference du froid de la glace au chaud de 13d

Pendant cette Experience le Rateau est venu a 3d du chaud ainsi il a parcouru 7d pendant que le Th en a parcouru 13:

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il suit de cette Experience que Le Rateau
ne parcourt pas encore assés de chemin ainsi.
il faut avancer La cheville du grand
Levier plus pris du centre du Rateau
Mais pour éviter La flexion que causeroit
Laction du Ressort (qui rameme le Rateau)
Sur les verges action qui augmente en raison
de l'espace parcouru par le Rateau
pour dis je éviter cette flexion ~~[illegible]~~ des pieces
Je diminuerai la pression du Ressort du
Rateau en ne lui laissant qu'une force
suffisante pour ramener seurement le
Rateau

a 9h. 20m. est en Retard de 15s.
a 11h. 1/2 en Retard de 17s. Th. a 12 1/2
Rateau a
Le 6e. a 7h. 1/2 du Matin Retarde de 19s.
Le Th a 9d. Rateau a 2s.
de 11h. 1/2 du Soir a 7h. 1/2 du Matin il n'y avoit
point de feu dans mon Cabinet ainsi ~~[illegible]~~
la temperature Naturelle ~~[illegible]~~ qui a conservé
Le Th & L'horloge a ce degré de chaleur
or pendant ce tems 8h. L'horloge n'a Retardé
que de 2s. ce qui seroit 6s. en 24h. ce qui
est bien different de ce que nous avons
trouvé Lors que La Machine q'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que fermée etoit exposée a la chaleur
d'un grand feu alors les spirales qui
sont plus minces & faciles a penetrer
etoient frappés d'une grande chaleur
qui agissoit avec toute son Energie et
qui n'agissoit pas de meme sur les verges
de Compensation qui etant plus massives
se dilatent plus lentement en sorte
qu'il arrive que les spirales sont penetré
par un plus grand effet & les verges
par un moindre effet qui n'arrive
point. Lors que la chaleur naturelle
de l'air agit sur la Machine elle penetre
de proche en proche. Il suit d'un
de cette observation qu'il faut encore
augmenter le chemin du Balancier Mais
beaucoup moins qu'il ne paroissoit d'abord
puis que l'erreur totale causée par g.d de
temperature prise de la glace a g.d en dessus
ne cause a l'horloge qu'un ecart de 15.
en 24 heures au lieu de 45 que nous avions
trouvé pour une difference de 13.
Le 6 Fevrier. J'ai affoiblis le Ressort du Balancier
et approché la cheville du Centre afin d'aug
menter son chemin
A 9h. 3m. mis l'horloge au froid l'air exterieur
est a 1d. au dessous de la glace
Le Balancier a 2d. du chaud.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

154 Remarque

Nous avons diminué la force du Ressort qui ramene le Rateau par la raison qu'ayant ~~diminué la longueur~~ accourcit le point de Contact du levier du Rateau et aggrandis celui du levier de Compensation afin d'augmenter l'espace parcourus par le Rateau la pression de ce Ressort augmente en proportion de ce Chemin ce qui causoit une flexion aux verges de Compensation qui rendoit indeterminé le point ou le Rateau s'arrete enforte que si on pressoit le Rateau d'un coté ou d'un autre il ne revenoit pas au meme point On connoitra donc que la pression du Ressort est dans un rapport convenable avec la force des verges de Compensation dans que cette pression ne causera point d'affaissement et que soit que l'on appuye sur le Rateau pour faire fléchir les verges ou qu'on souleve ce Rateau il faut qu'il reprenes de lui meme toujours la meme position

44
16
28

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 6e fevrier a 3h après midi
a 3h mis l'horloge Marine avec
la Pendule après avoir vu que le
Th restoit constament au même degré
et de meme du Rateau
Th. a 5d Rateau a 2d du froid.
en une heure a été juste avec la Pendule
a 5h 25m avance de ½ s.
Th a 5d.
Le 7e fevrier
a 8h du Matin
Le Th a 2d Rateau a 4d ½ du froid
L'horloge avance de 15s.
ainsi en 17h l'horloge avance de 15s.
c'est a dire 15/17 par heure
a 9h 25m 16s ½ d'avance
Le 8e fevrier a 8h du Matin
Le Th etant a 7d Le Rateau a
1d du froid
L'horloge avance de 44s.
ainsi de hier ~~matin~~ a 9h 25: jusques a aujourdhui
8h ~~Ayant mis~~ que l'horloge etant dans mon Cabinet
~~marquoit~~ exposée a 7d de chaleur ~~l'horloge~~ elle
a avancé de 28s environ en 23 heures ~~cette~~ a
dire que la chaleur fait actuellement avancer
l'horloge ainsi il faut diminuer le chemin
du Rateau en rapprochant la cheville du grand levier
de son centre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a 8h 13m J'ai remis l'horloge a l'heure de la Pendule

Le Th a 7d Rateau a 1d du froid

a 11h 13m Le Th etant a 9d le Rateau a 0.

L'horloge est en avance de 5s 1/2

a 2h 13 Le Th etant a 11d

le Rateau a 1d du chaud

L'horloge avance de 8s

a 6h 13m Le Th etant a 11d

Le Rateau est venu a 2 du chaud

L'horloge avance de 15s

a 9h 13m

Th: a 11d 1/2

Rateau a 2d. pas du chaud

L'horloge est en avance de 21s

acceleration produite en 13 heures

Remarque ~~et~~

~~cette~~ Experiences prouvent bien le trop grand chemin fait par le Rateau puis que la chaleur fait avancer l'horloge d'où l'on voit que selon qu'on approche trop ou trop

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu la cheville mobile du grand levier
pris du Centre du Rateau on fait avancer
ou Retarder L'horloge par La chaleur
il y a donc un point ou cette cheville
étant finée que ni le chaud ni le froid
ne pourront influer sur La Machine
J'ai donc ecarté cette cheville du Centre du
Rateau afin de diminuer son chemin
et trouver par L'experience le vrai point
ou on doit L'arreter ~~cette cheville~~

a 9h 20m du Soir J'ai mis L'horloge
dans ma Sale au froid de
mise a L'heure de ma Pendule
elle a avancé de 26s en 10h et cela par le passage trop
subit du chaud au froid #
Le 9e a 7h 36m du Matin
Th a 6d
Rateau ½ degrés du froid
mis L'horloge a L'heure de ma Pendule
Car elle etoit a 11d et je L'ai mise a ma chambre
et ouvert La fenetre L'air exterieur etant a 0d.

Remarquer que Le Mouvement de L'horloge soit
~~enfermé~~ placé dans une boite qui est assez bien
fermée Il arrive cependant que si on L'expose
du chaud au froid Le froid penetre plutot
Les Spiraux que les Verges de Compensation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous avons deja remarqué plusieurs fois que
cette machine ne peut jamais être exposée
a des changements si subits de temperature
car quoi que la chaleur d'un jour soit suivie
d'un froid vif pendant la Nuit le passage
s'en fait cependant de proche en proche et
de degré en degré et par un mouvement
lent enforte qu'alors les verges ressentent
ces divers passages en y meme tems que
les spitauls: Mais pour ne rien laisser
a desirer la dessus nous rendrons le passage
du chaud & du froid dans la boite de
l'horloge plus difficile pour cet effet
nous entourerons la boite d'une espece de
matelas fait avec de la laine: ce matelas
servira a l'horloge ~~a nos habit~~ ce que font les fourrures
dont on s'habille dans les pays froids: ainsi une bonne peau
fourrée epaisse comme une peau d'ours sera
des merveille en l'appliquant autour du matelas
même: la chaleur une fois concentrée dans
la boite n'en sortira que tres lentement
et de meme du froid:
ce matelas ainsi mis autour de la boite garantira
l'horloge de certaines secousses qu'elle pourroit
recevoir dans le transport

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 10e. Février
après midy
a 4h. 54m. mis L'horloge Marine avec la
Pendule
Le Th interieur a 6d.
Rateau a 0.
a 9h. 15m. avance une seconde
Th a 3d.
Rateau a 2d.
le 11e. au matin
a 7h. 44m. L'horloge Retarde de 4s.
Th a 1d. au dessus de la glace
Rateau a 4d. du froid.
a 6h. 3m. soir
L'horloge Retarde 15s. 1/2
Th: a 5
Rateau a 2d. du froid
mise dans mon Cabinet
Remise a l'heure de la Pendule a 6h. 7m.
a 8h. Retarde de 4s.
Th a 7
Rateau a 1d. du froid
a minuit 10m.
L'horloge Retarde de 11s.
Th a 6
Rateau a 0.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 12e. Janvier

a 7h. 43m. du Matin

Th a 8

Rateau a 0

L'horloge retarde 22s.

a 3h. 45m.

Th: a 10

Rateau a 1d ½ du chaud

L'horloge retarde 30s.

Remarque.

hier au matin ~~de 7h. 44m.~~ pendant que l'horloge etoit au froid elle a retardé de 11s ½ depuis 7h. 44m jusques a 6h. du soir c'est un peu plus d'une seconde par heure

Et ce matin a 7h. Th etant a 8 elle retardoit de 22s. depuis hier a 6h. du soir, c'est environ 10h. c'est donc 12s. par heure qu'elle retarde

J'ai donc trop ramené la cheville il faut la replacer tri pri de l'endroit ou elle etoit ~~avant~~ la precedente fois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai rapproché la cheville du grand Cœur
du Centre du Rateau.
J'ai aussi allongé la fourchette afin
de faire de cœur de plus grands
avec aux ~~Pendules~~ Balanciers.
et diminuer d'autant l'inégalité
du Grand Ressort.
a 5h. Juste remise a l'heure de la
Pendule.
a avancé de 16s. en 14h.
a 7h. 38m. un peu retardé le 2e Rateau
remise a la Pendule
Th a 9. Rateau a 2d. chaud
elle avancoit touché au Rateau
remise a la Pendule a 10h. 10m.
Th a 9d. 1/2
Rateau a 2d.
en 12h. l'horloge n'a avancé que de 2s.
Th a 9d.
Rateau a 1d. 1/2
Le 14e. a 8h. 30m. du matin remise
Le 18e. a 9h. du Matin
Le Th etant a 14d.
Rateau a 6d. du chaud
L'horloge est en avance de 10s.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 19e fevrier
a 9h 36m du Matin
Th a 15d
Rateau a 6d
L'horloge est en avance de 25s c'est a
dire 15s de plus que hier
Le 21 a 10h du Matin
Le Th a 10d
Rateau a 3d du chaud
L'horloge en avance de 44s ½
C'est a dire 19s ½ d'avance en 49h
Le 22e fevrier
a 9h ½ du Matin
Th a 8d
Rateau a 2d du chaud
en avance de 48s
Le 23e fevrier a 10h du Matin
Th a 7d ½
Rateau a 1d du chaud
L'horloge est en avance de 32s c'est a dire 16s
moins que hier d'ou l'on voit que la Compensation
est trop forte car elle avance par le chaud
et retarde par le froid —
Il faut donc retirer la cheville du levier de
Compensation
La suite de ces observations page 93

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 13 Fevrier 1762

Projet d'une horloge Marine plus simple la construction plus facile et qui soit d'une moindre depense

Les Experiences que j'ai faits avec l'horloge Marine que j'ai executée m'ont prouvé assés de Justesse dans sa marche pour pouvoir esperer que cette Machine pourra ~~etre~~ utile a la Navigation Mais comme elle est assés composée et d'une execution tres difficile par consequent a portée de peu d'artistes & que d'ailleurs le prix d'une telle horloge seroit considerable et que cette seule raison seroit suffisante pour en empecher l'usage Nous allons Rechercher une construction qui en nous donnant la meme precision remplisse notre double objet la facilité d'execution & une moindre depense,

L'emploi que nous avons fait d'un Ressort pour moteur nous a entrainé dans une construction beaucoup plus compliquée car a cause de l'inegalité de force d'un tel moteur & pour donner plus de puissance au Regulateur il est necessaire de donner le mouvement aux Balanciers pour faire marcher l'horloge et par une suitte de cette combinaison ~~nous avons~~ il a fallu adapter un ~~double~~ second Balancier afin que si la Machine eprouve de certaines agitations elles ne soyent pas capables

d'interrompre la Marche de L'horloge † enfin
La Suspension de L'horloge est très considérable
et afin d'éviter des agitations a la Machine qui
seroient Capables d'arreter L'horloge car et de
Les ~~celui ci ne~~ les Balanciers ne pourroient
pas reprendre leurs mouvements par L'action
du Moteur — Mais en Construisant de
Nouveau La Machine et lui donnant pour
Moteur un poids disposé ~~com~~ de la maniere que
nous ~~l'avons~~ allons l'expliquer page 74 Nous pouvons
Supprimer le Double Balancier : ensorte que L'horloge
aura pour Regulateur un simple Balancier au quel
La force Motrice Sera Capable de rendre le Mou
vement ainsi que cela se pratique dans nos
Montres : Car il est bon d'observer que quoi
que nos Montres soient exposées a de grandes
agitations et qu'on les fasse a vibrations lentes
d'une seconde Cependant Ces agitations ne
derangent aucunement ainsi qu'on pourroit
le croire La Justesse de la Montre or
si cela n'arrive pas dans les Montres a plus fortes
raisons doit on le moins ~~et~~ craindre dans
une Machine Suspendue de toute a n'eprouver
que de tres foibles mouvements.

Pour que les changements qui arrivent dans le
Rouage par la Coagulation des huiles.
variations de frottements etc. n'influent pas
Sur La Justesse des Oscillations du Regulateur
nous adapterons un Echappement tel que
nous L'avons Construit pour notre horloge

et si nos montres ne vont pas avec exactitude cela ne vient point de tout de l'agitation du porte mais de variations des frottements et des differences de temperatures mais nous aurons attention a prevenir ici ce difficultés : d'ailleurs si les Montres n'ont ~~aucun~~ ~~aucun~~ ~~ou~~ ~~ont~~ des ecarts au porter notre horloge ne sera pas dans ce cas a cause de la Suspension qui la maintiendra toujours dans une position

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Balancier sera reglé par un Ressort spiral et pour corriger les variations produites par la difference des temperatures nous employerons la verge de compensation avec le mechanisme selon nos observations et experiences —

Comme les ajustements des agathes nous ont couté beaucoup de peine et de depenses et que le frottement sur la circonference des pivots dans un Balancier horisontal est tres petit nous croyons cette addition absolument inutile —

Nous n'avons pas apperceu en faisant mouvoir les Balanciers librement qu'ils eussent acquis une faculté de conserver leurs vibrations qui fut proportionelle au grand Diametre et a leurs poids nous croyons en consequence pouvoir reduire le Diametre du Balancier a 6 pces et le faire tout au plus du poids d'une Livre et diminuer la grosseur des pivots a proportion

chaque vibration du Balancier sera d'une seconde —

Le Balancier etant leger pourra etre porté par un axe fait d'une seule piece cet axe de bon acier sera petit le Balancier dans le milieu de la longueur pour pouvoir flechir et empecher que les pivots ne cassent ces pivots seront finis

on conservera la suspension du Balancier pour rendre le frottement constant —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N'employant qu'un Seul Balancier les verges de Compensation pourront avoir moitié moins de longueur car dans le Cas actuel de L'horloge a deux Balanciers il faut que La Verge compens. L'effet sur les deux Spiraux ce qui double le chemin du Rateau —

Nous pourions fort bien supprimer la Suspension et conserver La même liberté au Balancier qui roulerait sur la pointe (a) Il faudroit pour cela proportionner le poids du Balancier a la force du pivot C'est a dire a la quantité qu'il peut Supporter sans que ses parties s'affaissent : il faudroit aussi que La pointe roulat sur un Diamant

En rendant le Balancier leger les pivots en seront aussi moins exposé a casser

Il faudra gêner l'étendue des plus grandes vibrations du Balancier par un double renversement comme Je le pratique dans mes Montres a Secondes

Le Balancier etant leger aura un Spiral foible ~~X~~ Ce pourra etre un excellent petit Ressort de Montre —

Le Rateau du Spiral pourra etre tri petit et leger il ~~touchera~~ sur ~~tous les~~ deux pivots et sera placé au dessous de la platine Il n'aura pas besoin de Coulisse car les deux pivots etant distants entre eux et le Rateau inflexible portera les chevilles du Spiral par ce moyen il sera mouvoir avec la plus grande facilité

(a) La Suspension par le Ressort sera beaucoup plus constante C'est une bonne chose qu'il faut Conserver

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il sera posé dans une petite cage mobile que lon
centrera selon la courbe du spiral

Le bateau ainsi mobile aura peu de frottement
ensorte, que les verges de compensation eprouveront
peu d'effort. on pourra les tenir tres minces afin
quelles eprouvent tres promptement les changemens
de la temperature et corrigent les variations
du froid ou du chaud sur le balancier —

Pour diminuer le frottement de l'echappement nous
le ferons agir sur le balancier au moyen
d'une fourchette et d'un rouleau comme dans
notre horloge

Le mouvement sera horisontal. les roues seront
les plus petites et legeres qu'il se pourra afin
qu'elles causent moins de frottement elles rouleront
sur les pointes des pivots et sur des coquerets d'acier
trempé fort dur

Nous pouvons ~~le~~ construire le mouvement de
sorte que la machine aille un mois sans
remonter

une detente p. la faire marcher tandis qu'on
la remonte

Il faut que l'echappement soit arrangé comme
pour les montres a cylindre savoir que
le balancier etant arreté il y ait une
dent en prise pour lui rendre le mouve
ment

Le poids de l'horloge pourra etre assez considerable
sur tout parce qu'il est necessaire qu'il y ait une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité de Mouvement ~~pour~~ qui soit tel que les resistans des huiles, des frottements ou soyent dans un ~~petit~~ Modique Rapport avec cette force de Mouvement et ne puisse changer l'oscillation mais quand même ce poids devroit être de 50 ou 60 ll. il n'en resulte aucun obstacle au contraire il servira a maintenir l'horloge plus immobile et a l'abri des agitations du Vaisseau

Quand a la Suspension de l'horloge nous la ferons la plus simple qu'il sera possible pour cet effet nous employerons le Mouvement du Genous ainsi que nous nous sommes deja proposé de le faire pour la 1re horloge

Il faut joindre a la Suspension le Ressort a boudin pour adoucir les secousses

~~La~~

La Suspension et le Ressort a boudin doivent être faites après l'horloge afin de les faire relativement au poids de la Machine

Comme l'horloge occupera peu de place elle sera enfermée dans une double boite parfaitement fermée et qui rende le passage de l'air difficile afin que le changement de temperature ne se fasse pas subitement mais de proche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en proche et par gradation, ~~possible~~

Quand a l'ajustement du piton et de la virole de spital nous simplifierons encore cette partie et la rendrons d'une facile execution en conservant les divers mouvements pour que le spital soit libre ~~et~~ non forcé dans son oscillation

La longueur des verges de compensation sera de 12 pcs. nous ferons faire le chassis de plusieurs pieces pour en diminuer le travail il sera tout aussi bon

Il faudra une poulie de renvoit pour la corde du poids car la cage etant horisontale et la descente du poids verticale il faudra renvoyer la corde –

On pourroit bien faire la premiere roue avec dents de champs ~~qui engrenerient~~ et placer la roue verticalement.

On pourroit encore placer tout le mouvement verticalement et que la roue d'echappement fut a couronne comme une roue de rencontre et l'echappement a palette avec courbures propres a rendre les oscillations isochrones

Il ne faut pas que l'echappement ait de grand arcs de levée mais seulement de 10d environ

Les secondes ~~concentriques~~ excentriques donneroient moins de frottement une aiguille plus legere et la machine plus simple : d'ailleurs cela ne genera pas le trou de remontoir nous les ferons donc hors.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

170 du Centre et avec un petit Cadran

Cherchons Maintenant les nombres de dents du Rouage
Je suppose un pied de descente au poids : et que nous
le Mouflerons avec 4 cordons. c'est donc 4 pieds de
descente pour faire aller l'horloge un mois —
en donnant 2 p.ds de Diametre a la poulie de la 1re
Roue ou 6 p.ds de circonference on voit qu'elle
seroit Contenue huit fois dans 48 p.ds de
longueur de Corde : ainsi l'horloge devant aller
32 Jours ~~il faudra~~ et 8 tours y etant Contenus 4 fois
chaque Revolution de la 1re Roue se feroit en 4 Jours
ou 96 heures
On trouve qu'en ~~Employant~~ employant des pignons de 10 et de 8 -
p.s la grande Roue moyenne et pour celle de longue
tige qu'il faudra 1re Roue 80 : et la Seconde 96 -
ou 96 : et 80 : Mais Selon nos remarques il faut Conserver
des dents plus fortes aux p.ts Roues

Le Rouage sera donc

1re 80 engrene pig 10 = 8
2e 96 — 8 = 12
96 heures = 4 Jours.

Lesquels multipliés par 8 nombres de tour de la 1re Roue
pour 48 p.ds de Corde donne 32 Jours —

La Roue de Minute sera 64 : ~~engrenera~~ pig : 8 = 8
Roue de Champ — 60 — 8 = 7½
60

ainsi ~~le pignon~~ ce dernier pignon ~~(8 portera la Roue d'Echappement et se~~
sera 60 tours p.s ~~ou~~ de celle de Minute ~~il portera~~
donc un tour par minute il portera la Roue
d'Echappement ~~le~~ Rouage sera donc composé
de 5 Roues : Les Roues de Cadrans a l'ordinaire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il nous reste a distribuer la ~~reste~~ Machine et lui donner L'ensemble les plus avantageux on peut disposer La detente qui recouvre le trou du Remontoir se fait en meme tems marcher L'horloge, de sorte quelle agisse en meme tems sur les cliquets du poids et les mette hors de prise et qua mesure que la detente va a son Repos les cliquets reprennent leur Situation

Il ne sera pas mal a propos de faire le pivot d'embas du Balancier d'une piece rapportée afin que sa pointe soit infiniment dure : les pivot peuvent avoir $\frac{3}{12}$ de lig. de Diametre ainsi son Diametre sera a Celui du Balancier Comme ~~288~~ 1 est a 288 ainsi ils seront relativement plus petit que ne sont ceux des Balanciers de la grande horloge ceux cy sont de $\frac{8}{12}$ et les Balanciers de 12 pcs ~~plus~~ sont donc dans ce Rapport de 1 a 216

Remarque

S'il nous etoit possible de faire mouvoir le Balancier verticalement sur deux angles ou Couteau cela rendroit la disposition de la Machine tres simple la verge de Compen

Seroit aussi verticale et le tout se renfermeroit en moins d'espace

En mettant l'angle d'un couteau parfaitement au centre ~~du Balancier~~ l'axe du Balancier ~~et~~ faisant décrire de petits arcs et bornant le chemin du Balancier on pourroit peut être parvenir a remplir cet objet ~~et voici comment~~ Mais voici un autre moyen

Il faudroit placer le Balancier a un bout de l'axe et le spital a l'autre : sur le bout de l'axe du coté du spital seroit fait un pivot roulant a l'ordinaire dans un trou de cuivre ce pivot n'ayant aucun effort pourroit être petit : l'autre bout de l'axe porteroit pareillement un pivot tri fin ~~et~~ fait de rapport et tri dur ce pivot au lieu de rouler dans un trou s'appliqueroit et se developperoit dans une gouttiere faite dans une agathe et pour empecher que ce pivot ne put caper il faudroit le revetir du dessus et des cotés d'un bon appui ne laissant a découvert que le bas qui doit se developper dans la gouttiere ~~a de~~ les points de ces pivots iroient porter contre des coquerets d'acier fort dur le pivot du coté du Balancier seroit retenu sur la gouttiere sans pouvoir s'en ecarter par ~~un~~ un bout saillant du pivot par une piece qui l'empecheroit de s'elever par des secousses car le poids du Balancier l'y retendroit par cette methode on pourroit donner plus de poids au Balancier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par cette disposition la pesanteur du Rateau ou porte cheville suffiroit pour lui faire suivre le mouvement des levier sans ~~Ressorts de compensation~~ on supprime par le moyen le Ressort qui pousse le Rateau le cliquetteur

La gouttiere de la gathe devroit etre presque droite ~~afin~~ de laisser au pivot la faculté de s'y appliquer et se developer et sans tourner comme le fait un pivot ordinaire ainsi le Balancier en vibrant avanceroit un peu de coté et d'autre comme le fait un Pendule suspendu par un couteau

L'ancre d'echappement sera attaché avec une vis sur l'axe du Balancier sur le bout ~~du~~ coté du cylindre par ce moyen on evite ~~(la fourchette mobile~~ son Rouleau la Lige &c

Il pourroit fort bien arriver que le Balancier auroit un peu moins de liberté que s'il etoit mobile sur la pointe du pivot mais au moins la Resistance qu'il eprouvera a se mouvoir sera constante et independante de l'action de l'huile sur les huiles sur tout en employant des pivots tri fin comme de la 12e partie d'une ligne ce qui est possible en les soutenant par le dessus et le coté ~~et pour le mieux il faut~~ ~~on pourroit~~ ~~non~~ les construire tous deux de la même maniere ~~et mettre~~ placer le Balancier entre les deux pivots alors chaque pivot supportera la moitie du poids du Balancier ainsi le frottement sera tri petit le Balancier et constamment le même il est vrai qu'il engera plus de soins de precaution mais comme nous avons vu cy dessus il se simplifiera d'un autre coté la Machine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand a L'axe du Balancier il n'a pas besoin d'être
Long: il ~~faut~~ au contraire la reduire autant qu'il
se pourra pour avoir cette Machine sous un
moindre volume or la longueur de cet axe
depend de la hauteur de la cage du Mouvement
car un des pivots de Balancier viendra rouler sur la
platine des pilier: et le Balancier passera ~~a coté de~~ sur
le devant de la seconde platine et comme le Balan-
cier doit être entre les deux pivots la distance de la
platine des pilier au devant de la seconde donnera
la moitié de la longueur de l'axe de Balancier
quand a la hauteur de la Cage de l'horloge elle
depend du Cylindre sur lequel doit s'envelopper la
Corde or comme il doit y avoir 8 tours de Corde
en mettant une ligne pour la grosseur de la Corde
8 lignes feront la hauteur du Cylindre: il faut joindre
a cela le rebord: d'une ligne y compris la distance
au dessus de la platine: il faut ajouter l'épaisseur
de la 1re Roue et un jour avec la seconde platine
en tout 9 lignes joints a 9 - donnent un pc
de hauteur de Cage: les platines 2 lignes et 1 lig.e
pour la moitié de l'épaisseur du Balancier font
15 lig.e donc l'axe auroit environ 31 lignes
de long.r: l'autre pivot du Balancier doit être supporté
~~le bout de l'axe~~ par une seconde platine qui portera 4 pilier
qui s'arreteront a la seconde platine cela formera
une seconde Cage: trois platines feront dont
tout l'assemblage de la Machine

Le bout de l'axe de Balancier qui passera sur
la Cage du Rouage portera l'ancre d'Echappement
lequel entrera quarrement sur cet axe comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur une tige d'échappement de Pendule a Seconds.
Le Spiral sera attaché a l'autre bout de l'âme en
dedans de la 3e platine : ~~La~~
La Machine de Compensation sera en
dehors de la 3e platine ainsi elle ne genera
~~rien~~ ni ne sera genée par aucune partie
de la Machine
Les ponts du Rateau ~~elevera~~ donnera un peu d'élevation a la Machine mais
nous diminuerons la hauteur des faux pitis de l'adra
et reduirons les Canons de l'adrature ce qui dimi-
nuera d'autant leurs frottements : le pivot de
seconde en sera plus court de fin
Les faux pitis de la plaque auront au plus 6 lig.
La distance entre les deux Cages 31 : le pont du
Rateau un pouce $\frac{6}{31}$: la hauteur totale sera
$\frac{12}{49}$ environ 49 a peu pris 4 pc.
on peut meme un peu l'augmenter car le
Balancier a 6 pc de Diametre ainsi la boite
dans laquelle on placera la Machine peut être
quarrée : ~~elle~~ cette boite aura environ 2 pd 1/2 de long.
a cause du poids Moteur
Le Balancier devra décrire au plus 60°. ainsi le
Diametre des pivots etant de sup. de $\frac{2}{12}$ de ligne la
circonference sera de $\frac{6}{12}$ donc le developement du
pivot p. 60°. sera de $\frac{1}{12}$ de ligne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quand a l'ajustement des pivots de Balancier voici comment nous nous proposons de le faire

a chaque bout de l'axe sera ajusté avec soin un canon de cuivre dont un bout sera saillant hors de l'axe d'environ de trois lignes : ce bout du canon sera entaillé jusques au centre de la longueur d'une ligne et affleur le bout de l'axe ~~sur~~ on fera entrer dans le trou de ce canon bien juste un ~~pt~~ canon (a) qui sera percé sur le tour d'un trou de la grosseur que l'on veut donner au pivot ; le pivot chassé dans ce petit canon sera au centre de l'axe et par consequent du Balancier avant de le chasser le pivot on entaillera le petit canon par le petit bout jusqu'au centre ~~or~~ de la longueur d'une ligne ainsi le pivot sera revetu par le milieu de la circonference : pour rendre le pivot encor plus solide ~~etc~~ le bout de l'axe sera formé par un petit trou conique qui tiendra lieu de pointe pour le tourner c'est dans ce point conique que le bout du pivot etant chassé tiendra poser : on laissera saillir en dehors du canon un petit bout du pivot afin que sa pointe soit retenue par un coquoret et qu'il y ait au dessus de ce pivot une piece qui le retiene pour l'empecher de s'elever au dessus de son appui. voila a peu pres l'ajustement des pivots ~~partie~~ la plus difficile de la machine car tout le reste est facile

pour simplifier encore ~~cette~~ horloge nous ne la ferons aller que huit jours sans monter

(a) ~~o~~ on peut se dispenser de faire ce second canon il suffira de faire une petite broche d'acier qui entre juste dans le trou du canon sur le bout de cette broche on clavera le pivot qu'on voudra si fin qu'on voudra ce pivot sera suffisament solide en allant porter contre le point conique de l'axe d'ailleurs il faut le faire tri court

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

afin de n'avoir qu'une simple Mouffle,
et moins de hauteur : au Reste nous ferons le
Fourneau comme il devoit etre a un Mois et selon la force qu'aura
le Balancier p. etre mis en Mouvement nous le ferons aller a simple Mouffle
L'axe du Rateau de Compensation portera
une aiguille legere pour marquer les degrés
de Dilatation sur la 3e platine

Le 18e Fevrier 1762

N.a Je me propose d'executer cette Machine
disposée a peu pré comme je viens de le dire
Je vais commencer par en faire le dessein
afin de lui donner une belle ordonance
Ce dessein sera une Planche que j'ajouterai
a Mon Essai : Je joindrai au dessein la
disposition d'une horloge a Pendule pour
la Mer telle que Nous en avons donné
le projet page 67 avec un Pendule Composé
ayant 4 pd de Long. p. battre les tierces de Secondes

Remarques sur le changement que la pesanteur
peut apporter a une horloge a Balancier
reglée par un Spiral lors qu'elle sera
transportée du Pole a l'Equateur

Si on ~~fait Marcher une Mr~~ ôte le Spiral
d'une Montre a Roue de rencontre ordinaire qui etoit
reglée et qu'on la fase ainsi Marcher sans
Spiral cette Montre retardera de 30 m
par heure d'on l'on voit que l'addition du
Spiral double la vitesse de la Marche du
Balancier ainsi le changement dans la pesan

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur du Balancier n'agira que foiblement
dans une telle Machine : Il pourroit
même arriver qu'elle ne produisit aucun
effet ceft une Experience a faire —
a la suitte de laquelle il seroit facile
de sçavoir combien la pesanteur change —
la vitesse d'un Balancier.
on pourroit bien par analogie aux chan
-gements qui arrivent dans les Pendules
transporté du Nord a l'Equateur, ou pourroit
dis je trouver combien la vitesse des vibratio
d'un Balancier donné doit changer —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 20 février

Suitte de la disposition du poids Moteur

Le poids pourra être quarré ainsi que nous Lavons dit mais il sera Inutile quil soit enfermé dans un tuyau quarré. Les deux crémailleres seront assemblés au dessous de la cage et formeront une espece de parallelogramme du chassis attaché solidement avec la cage. Ces Crémailleres servirons en meme tems a contenir le poids ensorte quil ne puisse ni tourner ni sagiter. Pour cet effet le poids portera a chaque bout une plaque de cuivre fixée solidement au poids au moyen de 4 ecrous qui entreront dans des vis vissés dans le plomb en le fondant ces plaques de cuivre seront percées chacune de deux rainures dans lesquelles passeront les crémailleres ce sont ces rainures qui contiendront le poids qui ne pourra que monter et descendre seulement

Quand on aura remonté le poids La detente naura pas encore Laché les cliquets ainsi on pourroit croire que le poids pourroit être exposés aux agitations du vaisseau mais point du tout, car Le poids etant monté au haut ainsi quil est necessaire puis quon ne doit cesser de remonter ainsi quon le fait dans une montre que lors quon sent une forte resistance alors le poids est retenu ensorte que La detente aura repris la place et les cliquets seront en prise avec la Crémaillere longtems avant que le poids ait redescendu pour avoir du jeu : et d'autant moins que le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

189 Le ressort dont nous avons parlé sera comprimé
toutes les fois qu'on remontera le poids ainsi
il empêchera encore les agitations du poids
Cet effet du poids ne peut donc éprouver
aucune espece d'obstacle et il agira sur
le Rouage avec autant de constance
que s'il n'étoit exposé a aucune sorte de
mouvement — et quand meme il pourroit
arriver qu'il y eut quelques inegalités dans son
action elles seroient corrigées de cette
par l'Echappement

Nous diminuerons autant qu'il sera possible
les frottements de l'Echappement pour cet
effet la roue d'Echappement sera fort petite
et nous tiendrons les bras de l'ancre les plus
courts possible

Comme nous nous proposons d'executer cette horloge
et le plus simplement que nous pourrons nous
nous contenterons de la faire marcher 8 jours
ce qui est suffisant et nous ne mettrons
pas le poids car avec un pied de descente (le
Rouage restant tel que nous l'avons decrit) l'hor
loge ira 8 jours avec un poids simple

Pour rendre les cremailleres solides elles seront
attachées chacune a une plaque mise de champ
comme les equerres a dancier : ces dancier servirons
a retenir les plaques du poids ainsi les dents

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des ovenailles ne pourront aller toucher au fond des rainures de ces plaques ce qui seroit nuisible et donneroit du Balotage au poids dans certains instants.

de la Suspension du Balancier

Pour rendre la action plus facile nous supprimerons les agats que nous devions employer pour le roulement des pivots de Balancier et mettrons en place de petits parties d'excellent acier trempé en paquet ces pieces ne seront meme preferables en ce qu'etant minces ainsi qu'il est necessaire elles ne seront pas exposées a segrifier comme feroient les agats: toute cette partie sera dans ce cas d'une suspension de pendule et aura la même liberté en sorte qu'il n'y faudra pas d'huile

J'aurais presque craint que le spital n'eut porté le pivot de coté et dautre sur la gouttiere par son mouvement mais dans les vibrations lents les spitaux sont toujours trés foibles relativement aux poids des Balanciers ainsi la pesanteur du Balancier sera plus que suffisante pour contenir le pivot dans sa rainure: d'ailleurs j'employerai un spital qui fasse plusieurs tours afin qu'il ne tende pas a ~~changer~~ oter de son axe le mouvement du Balancier: c'est pour prevenir un effet tout semblable qu'il faut placer l'action de l'echappement le plus pres du Balancier qu'il se pourra
Enfin je laisserai peu de jeu aux pivots pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

191

ne puissent le porter de coté et d'autre plus que le developpement des petits arc parcourus par ce pivot

Enfin pour eviter cet obstacle de l'action de l'Echappement il faut placer la Roue a coté de l'axe de Balancier afin que la pression se fasse du haut en bas et directement sur le fond de la gouttere de suspension

Le Balancier étant de 6 pc et les pivots de $\frac{2}{12}$ de lig. le Diametre du Balancier sera celui des pivots comme 432 a 1

Dans un Pendule a Secondes l'angle du Couteau ~~a eu~~ peut appartenir ~~a un pivot de~~ # ~~ancrons~~ ~~$\frac{2}{12}$ de ligne~~ l'espace parcouru par la pendule a secondes l'espace parcouru par l'angle de ~~celui de~~ l'angle comme 3286 a 2 ou donne a

$$\begin{array}{r} 440^{\text{lis}\frac{1}{2}} \\ 12 \\ \hline 880 \\ 4406 \\ \hline 5286 \end{array}$$

2643 a 1

a une portion du cercle de $\frac{2}{12}$ de lig de Diametre

Si les pivots de Balancier pouvoient etre reduits a $\frac{1}{12}$ de ligne ils seroient au Diametre du Balancier comme 1 a 864

Dans mon horloge le Balancier a 12 pc de Diametre et les pivots $\frac{8}{12}$ le Diametre du Balancier est donc a celui du pivot comme 216 a 1

Je diminuerai les pivots si ne leur donnerai que $\frac{4}{12}$ le Rapport des Diametres sera 432 a 1

84

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 22e fevrier

Pour regler l'horloge il faudra que le pince
spiral puisse se mouvoir séparement du plateau
a peu pri de la maniere expliquée page 7
~~ainsi on reglera~~ Pour cet effet le pince
spiral sera mobile a frottement sur le centre
du plateau et ~~pour~~ et on le fera tourner par
une vis de rappel ensorte que par ce moyen
on fera mouvoir tres insensiblement le pince
spiral et on reglera l'horloge avec
une extreme precision. Il faudra placer
le rappel du coté opposé au pince spiral
~~et~~ plateau afin que cela ne fasse pas un
trop grand poids d'un coté et que cela
ne charge les leviés de compensation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

193

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suitte d'Observations sur l'horloge Marine

Le 23.e fevrier

a 1.h 20.m après Midi j'ai remis l'horloge a l'heure de la Pendule après avoir rapproché la cheville du levier de compensation —

Le Th a 7.d ½

Rateau est a 0.

Elle retardoit remise a ~~l'heure~~ Pendule a 3.h 42.m

Le 24

a 5.h 36.m remise a la Pendule.

Rateau a 0

Th a 8.d.

Le 25 a 7.h 35.m du Matin

Th exterieur a 2.d ½ au dessous de la glace

Th du dedans de l'horloge a 1.d au dessus de la glace

Les fenetres ont été ouvertes pendant toute la Nuit

Le Rateau a 4.d ½ du froid.

L'horloge en avance de 13.s

a 10.h 35.m

Th a 1.d

Rateau pris de 5.d du chaud

L'horloge en avance de 16.s ½

a 12.h 10.m remise a la Pendule

a 10.h le soir en avance de 5.s

Th a 3

Rateau a 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1961 Le 26e Fevrier

a 8h. 30m. Matin

Le Th a 1d. 1/2

Rateau pris de 5 du froid

L'horloge avance de 13s.

a 3h. 30m. avance 16s.

L'horloge est dans mon Cabinet

depuis 8h. du matin

Th a 8d. 1/2

Rateau pris de 0.

a 10h. 5m. du Soir

Th a 9d. 1/2

Rateau a 0 avance

L'horloge ~~retarde~~ 22s.

Le 27e

a 7h. 49m. du Matin

Th a 8d. 1/2

Rateau a 0

L'horloge avance de 32s.

a 2h. 18m. Retarde 20s.

Th a 12. Rateau a 2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a 2h. 18m. L'horloge retarde de 20s.
Th a 12 Rateau a 2

---

a 8h. 47m. du soir
Le Th extérieur étant a 0°
J'ai ouvert la fenêtre de ma sale pour
laisser passer la nuit a l'horloge au froid.
Vernie a la Pendule
a 10h. 44m. avance de 16s. - 8s. par heure
Th a 2
Rateau a 4° froid —
Le 1er Mars
a 9h. 41m.
Th a 6°
Rateau a 1° du froid
L'horloge en avance de 40s. en 11h. av. de 24s. depuis
a 10h. 15m. du soir
Th a 6°. 1/2
Rateau a 1
L'horloge en avance de 58s. en 13h. avan. de 13s. m. par he.
J'ai ouvert les fenêtres de la sale l'air extérieur
étant a 3° au dessous de la glace
Le 2e Mars a 9h. 1m.
Le Th étant a 1° au dessous de la glace : et celui-
extérieur a 4°
Le Rateau a 6°. du froid
L'horloge est en avance de 64s. en 11h. a av. de 11s.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

197

2e Mars 1762

a 12 9h avance 1m 2s

a Midi 27m mise dans mon Cabinet

Remis L'horloge a L'heure

a 6h 57m du Soir

Th a 9

Rateau a 0

L'horloge est d'accord avec la Pendule

Le 3e a 8h 22m du Matin

Le Th a 8d

Rateau a 0.

L'horloge a avancé de 13s

a 4h 20m

Th a 10

Rateau a 1d du chaud

L'horloge avance de 20s

a 10h 25m

Th a 10d 1/2

Rateau a 1d 1/2

L'horloge avance de 24.

Le 4e Mars

a 9h 30m

Th a 8 1/2

Rateau a 1d chaud

L'horloge avance de 30s

ainsi en 25 heures avance de 30s et marche mieux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et dans le froid elle avançoit après Constamment de 1s par heure

La Cheville du Rateau paroit etre a son vrai point

Le 5e

a 8h 45m

Le Th a 5

Rateau a 1d ½ froid

horloge en avance de 69s

Le 7e Mars.

a 4h 28m

Th. a 7d

Rateau 1d du chaud

horloge en avance de 2m 25s

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Experience du 13 Mars 1801

Pour savoir combien l'horloge marine varieroit si elle n'avoit pas de Machine de Compensation j'ai ôté de prise le grand levier d'avec le Rateau & j'ai arrêté à 5° du froid : ensuitte je l'arreterai egalement a 5 du chaud ainsi je saurai combien l'horloge varie'a pour 10 degré parcourus par le Rateau or comme l'horloge est reglée avec le levier de compensation ~~et~~ que par mes Experiences precedentes — je sai le degré de chaud ou de froid qui a fait parcourir 10 degré au Rateau je saurai a quel degré de temperature repondra la variation de l'horloge !

Par l'experience du 25e ~~Fevrier~~ Mars le Rateau est parvenu a 0° ~~du chaud~~ lorsque le Th etoit a 9° ~~a 1° ½ au dessus de la glace~~

et par l'experience du 27e Fevrier lors que le Th etoit a 2° au dessus de la glace le ~~Rateau~~ etoit a 4° ainsi 11° de difference dans la temperature ont fait mouvoir le Rateau de 4°.

$\frac{17}{60}$ $102,0$ 24

$\frac{17}{24}$ $\frac{68}{34}$ $\frac{408}{48}$ $\frac{160}{6,48}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons voir en arrêtant ~~successivement~~ alternatif
le Rateau en ces deux points ~~dans le même~~
(L'horloge ne changeant pas de temperature)
Combien elle variera pour 4.d de M.
du Rateau ou ce qui revient au même
pour 11.d de difference dans la temperature
Cette quantité exprimera les écarts
produit sur le spital par le chaud
et le froid. quantité cependant dont
il faut soustraire ~~l'effet~~ la dilatation des
Balanciers
A 4.h 19.m arrêté le Rateau a 0.s
en une h. a retardé 1.s
A 5.h 30.m arrêté le Rateau a 4.d
en une heure a retardé 6.s
Mais l'horloge avance d'une seconde par heure en l'état
actuel ainsi a 11.d de changement dans la temperature
repondent 7.s par heure et ~~l'l~~ l'horloge éprouvoit
27.d de difference cela donneroit
si: 11 7:: 27
$\frac{7}{189}$ $\frac{11}{17}$ 17.s par heure ainsi que nous
~~Nous~~ avions trouvé page 49
Voila la quantité de variation produite par le spital
et le Balancier: en une heure quantité qui existeroit
de meme dans les Montres si on reduisoit les frottements
des pivots dont l'on voit que ces mens frottemens
sont utiles
Ces 17.s par heure donnent 6.m en 24.h ou supposant la
montre ~~portée~~ rendue ~~ou mise~~ a 27 de: de temp. ~~pendant 24.h~~
et ensuite ~~pendant~~ mise pendant 24.h a la glace

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du 15. Mars 1762

Extrait de la gazette d'Utrecht

Avis de Londres

Les Communes ont examiné un acte de la XII.e An.e du Regne de la Reine Anne et un de la XXVI.e du Regne du Roy George II sur la decouverte des Longitudes en Mer elles ont assigné Deux mille livres Sterling pour tenter cette operation et ont ratifié la promesse de vingt mille Livres Sterling pour celui qui aura reussi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 22e Juin 1762

Remarque sur l'horloge Marine
que j'ai executée

Le seul deffaut que j'aye decouvert jusques ici a mon horloge Marine est d'être d'une composition tres difficile a executer car d'ailleurs je doutte qu'il soit possible de parvenir a un plus haut point de justesse ainsi Lor qui m'a determiné a rechercher d'autres construction n'est simplement que pour rendre l'execution a la portée des ~~tout le monde~~ pour ~~le monde~~ moins couteuse et occupant un moindre volume Mais je crois qu'en suivant la meme composition de Machine qu'il seroit possible de diminuer les difficultés et l'ouvrage et le volume je ne puis donc consentir a l'abandonner encore je vais au contraire chercher a la Redresser ——

1° Je conserverai la suspension du Balancier parce que c'est une tres bonne chose car sa Resistance est constante ainsi le Balancier sera horisontal

2° ~~Il faut employer~~ Je supprimerai la force Motrice a ressort et ferai usage du poids construit comme je l'ai expliqué cy devant

3° Je n'employerai qu'un seul Balancier qui aura 6 pces de Diametre pesera une livre l'axe ~~formé dans cette pièce~~ ayant des pivots fins et rapportés comme il est dit AB ( )

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Je supprimerai les agathes qui m'ont donné beaucoup de peine le Balancier ~~étant~~ horisontal le frottement contre les pavois du trou est infiniment petit

5 la Verge de Compensation sera placée Verticalement afin qu'elle n'occupe pas tant de place Le levier de Compensation devra être Vertical et au contraire le Rateau du Spital horisontal cela ne change rien a l'effet

6e Le Rateau de Spital au lieu de se mouvoir entre une Coulisse et sur un gros canon ce qui augmente considerablement le frottement et par consequent cause de l'affaissement aux Verges ce Rateau dis je sera mobile sur deux pivots dont l'un roulera au dessous de celui du Balancier et l'autre dans un point les frottements seront par ce tri reduit

7 le Ressort Spital devra être foible et a peu pré de la force d'un bon Ressort de Montre il sera fait comme ceux cy et n'en aura pas moindre les ajustements du Spital et du piton vis ole etc — les mêmes que a notre Ancienne Horloge

8 employer une suspension a doubles genoux comme je le propose dans la Seconde horloge Mettre un Ressort a boudin

9

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suitte du Journal de L'horloge Marine —
le 9e Juillet 1763.

Mrs Les Comissaires Només par La cademie pour
L'examen de mon horloge Marine ayant Souhaité
de voir La Machine demontée Je leur en ai —
fait voir ~~tout~~ les parts enfuitte Je L'ai —
remontée
Mise avec L'horloge Astronomique a 6h. du Soir
le Dimanche 10e. a Minuit elle etoit en avance
d'environ 15s.
Le Lundi a 7h ½ du Soir elle avance de 22s.
Le Mardi a 7h 34m avance de 34s.
Le Jeudi a 6h du Matin avan 43s.

Le Jeudi 14e Juillet a 5h 50m. du Soir
mise a La Pendule de mon Cabinet —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 30e Juillet 1763

depuis le 9e Juillet je me suis appliqué a perfectioner differents parties de mon horloge Marine afin de profiter de toute la justesse dont cette Machine est susceptible par sa Construction. Je vais rendre Compte des diverses choses que jy ai faites & du succès.

La suspension a Ressort que jai employée est très bonne mais elle nétoit pas dabord faite aussi parfaitement quelle en etoit susceptible parce 1o que je nétois pas assurés que le Centre du Ressort fut dans Laxe des Balanciers 2o ces Ressorts etoient trop Larges & trop courts d'ailleurs fait de plusieurs Morceaux ils pouvoient rompre par les Goupilles 3o je navoit pas de Methode seure pour que ce Ressort fut mis dans Laxe de Balancier ensorte que les pavois des trous eprouvoient du frottement par le poids du Balancier 4 les petites cages pour supporter les Ressorts etoient vacillantes ce qui portoit Laxe d'un & d'autre coté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai Remedié a ces deffauts, en faisant un Ressort d'une seule piece long & ~~fait sur le~~ tourné, trouvé le Centre de Suspension bien Concentrique a l'Axe cela fait j'ai limé cette tige plate & en Lame uniformement flexible. J'ai ~~fini~~ ~~Ver~~ rendu fine la Cage de Suspension — tourné un Canon pour recevoir le bout du Ressort que j'ai goupillé & fixé solidement par ses deux bouts —

Avant d'avoir Refait la Suspension les vibrations du Balancier abandonné a lui meme ne durroient que 10.m : Le Ressort de Suspension retabli le Mouvement a duré 20.m

Lors que le ressort Spiral etoit ôté durroit 30.m

~~J'ai refait~~

Ayant remarqué que le frottement par la circonference des pivots etoit d'autant plus nuisible a la liberté du mouvement que ces pivots etoient gros : Je les ai diminué & au lieu de $\frac{8}{12}$ de ligne de Diametre qu'ils avoient je les ai reduits a $\frac{5}{12}$ au plus —

J'ai fait d'abord Le preuve sur un seul Balancier et fait percer de nouvelles agattes —

Le Mouvement sans le ressort Spiral a duré 40.m

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1ta — Je ne mis pas d'huile a une premiere — epreuve & les pivots ~~crot~~ se grisoient — ayant mis de l'huile on n'entendoit plus ce bruit mais j'apperceus que les pivots se Mar= quoient : Je tentai donc une Epreuve ce fut de faire rouler simplement les pivots dans des trous d'un Cuivre que j'ai apporté d'angleterre. & l'experience m'a été fort satisfaisante car les Vibrations du Balancier ont duré un 5e de plus c'est a dire 50.es au lieu de 40

J'ai fait la meme Correction au 2e Balancier et le succès a été le même le mouvement a meme duré une heure passé il est vrai que c'est en donnant une étendue d'environ 60° au Balancier au lieu que l'autre etoit d'environ 40

J'ai voulu eprouver ~~l'effet~~ liberté des Vibrations des deux Balanciers mis par un seul Ressort Spiral : Les Vibrations de $\frac{42}{60}$ c'est a dire qu'il s'en fait 42 dans une Minute le Mouvement n'a duré que 7.me ~~fois~~ ou 7 fois 42 Vibrations

mis les deux Balanciers avec leurs Spiraux le Mouvement a duré 45 min.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

101

D'où l'on voit combien il est avantageux ~~d'employer des Ressorts à chaque~~ que chaque Balancier ait son Spiral

Les deux Balanciers avec leurs pinces Spiraux: le Mouvement a duré 40^m.

J'ai aussi fait une Correction essentielle aux Verges de Compensation: ~~toutes~~ les barres pouvoient se mouvoir séparement les une des autres selon leur longueur ensorte que pour les tenir continuellement presses il faloit que le Ressort du Balancier de Spiral fut aussi fort ce qui est un defaut nuisible a l'extension pour parer cet obstacle j'ai fixé par devirs les bouts de chaques barres de sorte qu'elles sont parfaitement solides et sans autre liberté que celle que donne l'extension et contraction et meme chose des leviers des chassis ainsi c'est actuellement l'action du chaud et du froid qui pousse et attire les barres et le levier ne fait que suivre le mouvement de la verge de cuivre placée au milieu de tout l'assemblage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai aussi fait differents Correction dans
le Mouvement. reboucher des trou-
des pivots de la Roue d'Echappe-
ment employant pour cela du Cuivre
apporté de Londres alegi la Roue
de son Aiguille diminué le pivot
qui porte l'aiguille des secondes
retrempé l'ancre R.C. En un
Mot je n'ai fait aucun changement
a cette Machine Mais seulement
perfectionner quelques parties Negligées
par le trop grand desir que j'avois
en Lexecutant de la voir terminée
pour en voir l'effet

Le 30e a 2h ½

après l'avoir mis en etat detre reglé
par le Rateau et apeuré que les
Vibrations des deux Balanciers
se font separement dans les memes tems
j'ai diminuer par cette precaution
le frottement de l'engrenage
cela fait je l'ai mise a l'heure
de mon Horloge Astronomique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Th dans la boîte de L'horloge
étoit a 22d. Rateau a 6d ½ chaud
a 6h. est en Retard d'une seconde ~~passé~~

Le 31e a 11h du soir Retarde de 17s
c'est en 29h qu'elle a retardé de 15s parce
quelle retardoit près de 2: hier a 6h

Le 1er aoust a 7h du Matin Retarde 21s

---

a 7h 27m avancé le Rateau 2 remis L'horloge
a L'heure
Th. a 19 Rateau 6

a 5h ½ du soir retarde 1s
a 7h 27m ne Retarde qu'une Seconde
Th a 20 a 6

Le 2e aoust Barometre: 28 pcs
a 8h ½ du Matin
L'horloge est en Retard d'une seconde
ainsi en 25 heures elle n'a retardé
que d'une seconde
Le Th a: 20d le Rateau a 6
a 4h après midi
L'horloge retarde d'une seconde de plus = 2s
Th a 23d Rateau – 8d

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 2e Aoust

a 6h 20m

Th a 24d Rateau 8 1/4

L'horloge retarde de 3 S

Le 3e Aoust

a 7h du Matin

L'horloge retarde de 5 Secondes

Th a 22 Rateau 8

Remarque

L'horloge en 30 heures n'a retardé que d'une seconde Lorsque le Th est resté Constamment a 20. Mais quand la chaleur a augmenté — L'horloge a plus retardé le Rateau de Compensation ne fait donc pas assez de chemin ainsi il faut ecarter la cheville du grand levier de son Centre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 4e & 5e Aoust J'ai fait quelque
Correction a Mon horloge au Rateau
de compensation J'ai olé du jeu
ainsi qu'au pince Spiral augmenté
L'action du Ressort qui presse le Rateau
afin d'en rendre L'effet non
Equivoque

A 4h 19m mise avec L'horloge Astrono=
=mique

Th a 20d Rateau a 6d

a Minuit ½ avance 2 S.

Th 19½ Rateau 5½

Le 6e a 6h 30m

av: 4 S.

Th 18½ Rateau 5½

Remise a la Pendule

a 11h

a 7h Retarde 1 S.

Le 7e Aoust a 7h 20m Retarde ½ S

Th a 17½ Rateau 4½

A 9h 20m est Juste avec L'horloge astrono=
Th a 16½ Rateau a 4d.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 7e Aout

a 8h 1/2 du soir l'horloge retarde de 6 secondes
~~Cette~~ en 10h
Le 8h a 20 Rateau a 5

l'horloge avoit été 24h sans s'écarter ~~des~~ plus
d'une seconde parce que la temperature n'avoit
pas changé sensiblement mais depuis Midi elle
a retardé a cause de la chaleur le Rateau ne
fait donc pas assez de chemin : Il y a d'ailleurs
un deffaut que je n'ai pas encore pu vaincre
c'est que le grand frottement du rateau exige un
ressort assez fort pour le ramener cela cause ~~trop~~
de resistance a la machine de compensation
et de sorte qu'il y a un instant ou immediatement
après le froid la chaleur agit sans que le Rateau
se meuve et ainsi a chaque changement dans la
temperature arrive le meme effet : Il faut donc
que la plus petite difference dans la temperature
soit aussitot transmise au pince spiral
Je ne puis esperer d'y parvenir qu'en faisant
mouvoir le pince spiral sur deux pivots eloignés
et supprimant la coulisse donnant le plus de
legereté possible au Rateau ou pince spiral
et diminuant a proportion le ressort et le grand
levier afin ~~de diminuer~~ d'en rendre le mouvement
plus facile
Le 8e Aout a 7h 1/2 l'horloge retarde 5"
elle n'a donc pas varié pendant la nuit parce que
la temperature etoit la meme qu'auparavant
Th 18 Rateau 4 3/4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a 7h 35. eloigné le cheville du grand
levier de son Centre pour augmenter
le chemin du Rateau

Remis L'horloge a L'heure

Le 9.
a 8h. avance 2s
Th. 19 Rateau 5

a 5h. 20m avance 2s
Th 21 Rateau 6 1/4

Le 10 a 10h. 41m du soir avance de 8s.
Th a 20 1/2 Rateau 7.

Le 11. a 8h. 1/2 du matin avance 12s
Th. 19 — 6

Le 12e. Aoutt

J'ai beaucoup diminué la resistance du Rateau de
Spiral rendu plus leger affoibli le Ressort ac-
et de sorte que soit qu'on le pousse d'un ou d'autre coté
il revient au meme point ainsi les changements
de la temperature se ~~feront~~ sont ressentis promptement
a 12h 28m mise avec L'horloge Astronomique
Le Th a 21 Rateau a 9.
a 5h 40m est juste avec L'horloge
Th a 25 — Rateau 12

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

245

a 6h 45m. avance 1''

Th: a 25. Rateau 12

a Minuit 12h avance 3''

Th 19d Rateau 9

Le 13 Aoust

A 6h 25m du Matin

L'horloge retarde de 2s et a minuit

elle etoit en avance de 3: cest donc

5 secondes dont elle a retardé par le froid

ainsi elle fait un effet contraire a ce quelle doit faire naturellement

Le Th a 16 Rateau a 5.

Le Rateau parcourt donc trop de chemin

a 9h Juste mise avec l'horloge astronomique

Rapproché la cheville du grand levier de son

Centre: (elle etoit a l'entremité)

Th a 16 Rateau 6d 1/2

a 10h 1/4 avance 1/2 Sec:

Th 16 Rat 6d 1/2

a 11h 1/4 avance 1s

Th a 16 Rat 6d 1/2

Th a 17 Rat a 7

a 12h 45m Avance Juste d'une seconde

a 5h 1/2 Avance d'une seconde

Th a 20 Rateau 8

ainsi depuis 11h elle a eté Juste et come elle

avoit avancé a la Temperature de 16d ~~il faut~~

et quelle na pas avancé de meme a celle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 18 a 20.d il suit que la chaleur le fait un peu retarder, j'ai donc trop rapproché la cheville du centre du levier —

a 11.h du soir
L'horloge avance de 4.s
Th a 20.d Rateau a 9

Le 14.e Aout

a 7.h 1/2 du Matin
Le th etant a 15.d 1/2 le Rateau a 6
L'horloge avance de 4.s
a 10.h 1/2 avance 6.s
Th 17 Rateau 7

Le 17.e Aout le Matin
a 8.h 40.m L'horloge avance de 21.s
Th a 21 Rateau 10
Remise d'heure
a 5.h 1/2 avance 2.s
Th a 24 1/2 " Rateau 12
a 10.h 36.m avance 5.s
Th 24 Rateau 12 —

Le 18.e
a 6.h 1/2 du Matin avance 10.s
Th a 23 Rat 11 1/2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

217

a 4h 3/4 horloge avance de 13s

Th a 24 Rateau a 12 1/2

a 6h Th 26' Rateau 13

horloge av: 14s.

Le 19e dout

a 6 heure 14m remis l'horloge a l'heure

Th a 24 Rateau 12 pafs

Le 19

a 10h du soir

Th a 27 Rateau 14

avance 9s

Le 20 a 8h 35m du Matin

avance 16s.

Th: 22: Rateau 11

a 10h 35

Th 21 Rateau 10

horloge avance 16 1/2 s

Le 21 a 6h 45m du Matin

Th a 23 Rateau 11

avance 9s

L'horloge avance encore par la chaleur & retarde par le froid il faut donc encore rapprocher la cheville du grand levier de son centre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après avoir rapproché la cheville du centre du levier j'ai remis l'horloge à la pendule à 7h 14m

Le Th. a 21 Rateau a 9 3/4

Le Th a 22 Rateau a 9 pasi

a 1h 10m remise a l'heure

Le 23e Aoust

a 8h 15m l'horloge retarde 2s

Th a 21 Rateau a 10 pasi

Le 26e Aoust

a 8h 42m du Matin Le Th etant a 16 1/2 Rateau 7 1/2

mis l'horloge a l'heure

a 9h 42m est juste. Th. 17: Rateau 7 1/2

a 12h 42 Retarde 1/2 Sec

Th 18 1/2 Rateau 8 1/2

a 5h

Th 20 Rateau 9 1/2

horloge retarde 3s

Le 27e

en a 7h 1/2 du Matin horloge Retard. 3s

Th a 19 Rateau 9 1/2

En 31h pasi a Retarde 3'' a 4h Retarde 3s

Th a 22 Rateau 10 1/2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 29e Aoust

a 9h 50m du Matin L'horloge Retarde 15s

Th a 19 Rateau 9 1/2

Le 30

a 8h du Matin Retarde 19s

Th a 18 Rateau 9

a 10h 25m Retarde 20s

Th a 17 Rateau 8 —

a 8h 18m du Soir

Horloge Retarde 24s

Th 19 Rateau 9 1/2

Le 31e a 7h du Matin

horloge Retarde —— 24s

Th 18 1/2 Rateau 9

Le 1er Septbre a 9h 1/2 du Matin

horloge Retarde 33s

Th 19 Rateau 9 1/2

Le 2e 7bre a 7h 20m du Matin

horloge Retarde 37s

Th 19 —— Rateau 9 1/2

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 3e 7bre
a 7h du Matin
horloge Retarde 42s
Th 18 Rateau c)

Le 4e 7bre a 8h ½ du Matin
Th 17½ Rateau 8½
horloge retarde 49s

le 5e 7bre a 7h ½ du matin
Th 17½ Rateau 8½
horloge Retarde 57

Le 6e 7bre a 9h
Th 18 Rateau 8½
horloge Retarde 1m 8s

Le 7e 7bre a 11h du Matin
horloge Retarde 1m 23"
Th 17 Rateau 8

Le 13 7bre Le matin
à 9h ½ L'horloge retarde 2m 48"
a 9h 38m remise a l'heure
Th 16 Rateau 7½

Le 14e
a 8h 30m du matin Retarde 19s
Th 15 Rateau 7
quoi que l'horloge soit a la meme temperature que le 26e aout
elle retarde beaucoup plus qu'elle ne faisoit alors cela ne vient point
de la difference de temperature mais des changemens dans les frottemens, huile &c &c

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 16 9bre

a 8h 12m du Matin remise a l'heure
elle retardoit 65''

Th 14½ Plateau 6½

Le 20e 9bre

a 4h 16m après Midi

horloge retarde 1m 28''

Th a 14 ~~Plateau~~ 8

Cest en 4 Jours ⅓ donc 20''4/13 par Jour

88'' {4⅓
26,4 {13/20 4/13

Le 21e 9bre

a 4h 25m retarde 18''

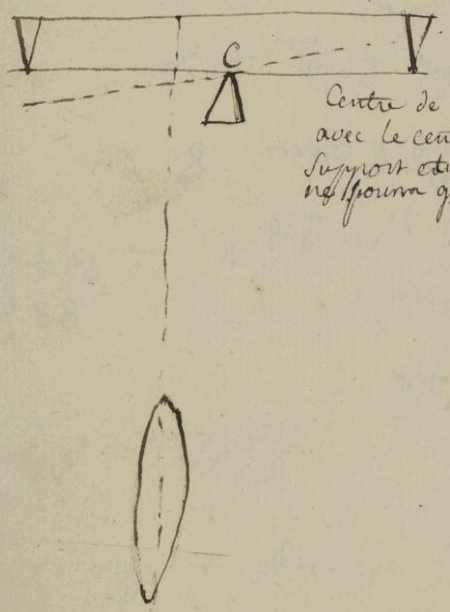
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est avec les precautions que j'ai venu d'indiquer que
l'on pourra faire une suspension parfaite
cette partie exige une extreme perfection
Pour verifier la precision de la suspen
sion il faut se servir d'un niveau que
l'on placera sur le Cartiers de la Gouttiere
lorsque le Pendule est tout Neuf
et qui a pris son aplomb s'il n'est pas parfaitement
de Niveau il faut faire mouvoir le couteau qui
se meut a queue d'aronde sur le support
jusques a ce qu'on ait trouvé le point convenable
Enfin si malgré ~~toutes~~ ses ~~attentions~~ le couteau
pouvoit encore glisser sur la gouttiere on en
evitera les inconveniens en plaçant aux extremités
de la Gouttiere deux Cheville ~~trempées et a platine~~ qui arreteront le couteau

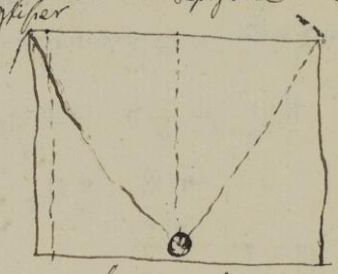
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Donner la plus grande longueur possible au Couteau car plus il sera long ~~et plus~~ moins il sera en posé a pouvoir gliser une petite inegalité dans la longueur des points de Contact ne pourra rendre incliné le support car c'est alors que le couteau glissera dessus

5° Il n'est pas du tout indifferent de placer le centre de Mouvement de la traverse ~~des~~ ou soit que ce Centre passe par celui du Couteau ou qu'il soit plus haut ou plus bas. Je pense que l'endroit le moins favorable est de passer par le Centre du Couteau il faut mieux le mettre au dessus



Plus le Couteau aura de longueur ~~et moins~~ et plus il sera facile a mettre perpendiculaire au plan de la verge; d'ailleurs en supposant le Centre de ce Couteau ne pas coincider parfaitement avec le centre du Support ~~il aura~~ alors une petite différence changera peu l'inclinaison du Support et ~~deviendra sensible~~ ne pourra glisser dès lors le Couteau



Support

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 12e Mars 1763

Remarque Sur les Suspensions a Couteau

Pour oster un frottement tres nuisible dans la Suspension a Couteau j'ai Supprimé une cheville qui entroit dans une fente faite a travers le Couteau pour le retenir sur la rainure de maniere qu'il ne pût ne pas se mouvoir en longueur et que la fourchette n'allat pas frotter contre la traverse de Suspension: Mais en Supprimant cette cheville contre laquelle le couteau étoit exposé a aller frotter il y a plusieurs attentions essentielles ausquelles il faut avoir egard Sans quoi le pendule gliseroit Insensiblement Sur la longueur de la gouttiere ‡ & la fourchette du couteau iroit porter Sur la traverse frottement encore plus dangereux & qui servoit bien tot arreter le pendule. 1o Il faut que les deux extremités du Couteau posent parfaitement a egale distance du Centre de Mouvement du Couteau. 2o. que le Couteau Soit bien perpendiculaire au plan de Mouvement du Pendule

‡ Il est evident qu'a mesure que le pendule vibre et glisse Sur la gouttiere que la Suspension eprouve un double frottement nuisible

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette Verge qui est le plus sujette a flechir
tout peut rester d'ailleurs comme je l'ai fait
executer

on pourroit reduire la Lentille a 20 ℔ au
lieu de 24 qu'elle pese cela eviteroit
encore la flexion

La Verge de ce pendule pese
et cette pesanteur de la Verge tient lieu
de celle qu'il manquera a la Lentille
L'avantage sera le meme a cela pre-
qu'elle eprouvera un peu plus de resis-
tance dans l'air mais j'ai deja fait observer
dans mon Essai que cette consideration
est de peu de consequence eu egard aux
effets du chaud et du froid -

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appliquée sur le Pyrometre ni-
L'hiver et des Mots j'ai fait monter
le Thermometre a 33° l'aiguille
du Pyrometre a parcourn 12 degrés
de froid c'est a dire que le Pendule
s'est accourci autant qu'il se fut allongé
Je carterai la piece mobile de la montre
de la quantité dont je l'avoit rapproché
du centre et le pendule ne s'alongera ni ne se raccourcira
pendant cette experience L'aiguille du thermometre
formé par le pendule a parcourn tout son
limbe
Voila donc enfin un pendule composé le
plus simple que j'aye pu trouver et qui
sera cependant d'une extreme justesse
lors sur tout que nous y aurons fait
quelques corrections : car j'ai encore trouvé
la lentille un peu forte pour la verge
il y a encore une flexion mais que
nous eviterons par les moyens suivants
1° en donnant une ligne de plus de paisseur
aux verges 2° en donnant 15 lignes de
largeur a la verge a l'alonge dans toute la longueur car cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 18e. fevrier 1763

Le Pendule composé a trois verges et a levier ~~tel~~ etant executé tel que je l'ai ecrit cy devant j'ai verifié par l'Experience jusques a quel point de perfection je l'ai conduit. pour cet effet je l'ai placé pendant une heure dans 30th de glace pilée — Ensuite appliqué sur le Pyrometre l'aiguille a zero Th. a 0:
Mis l'Etuve et des mots a fait monter la chaleur a 30d. L'aiguille du Pyrometre a parcourus $\frac{10^d}{360}$ du chaud ainsi la chaleur fait alonger le Pendule Nb. les points de contact du levier de Compensation etoient tels que nous les avons donnés par le Calcul mais cette difference vient de l'affaissement causé par la centille — Experience

J'ai olé l'Etuve et rapproché la piece mobile (qui appuye sur la verge de cuivre) du centre du levier de Compensation en sorte que la cheville qui suspend la verge qui porte la centille parcoure un plus grand espace.
Mis de Nouveau le Pendule dans la glace pilée laissé pendant une heure ensuite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce 6e février 1763 58

Remarque sur l'entrance justesse de mes deux horloges astronomiques

Il y a deja passé 8 jours que je mis mes deux horloges astronomiques parfaitement a l'heure quoi que l'une soit placée dans mon Cabinet et l'autre dans ma Sala cependant au moyen de leurs sonnerie je les ai fait battre les secondes ensemble depuis ce tems elles n'ont pas cessé de bien parfaitement d'accord ~~n'ay~~ ne s'étant pas ecartées de la moindre partie d'un battement elles battent encore la meme seconde très précisement je les ai examinées tous les jours et toujours la meme précision. Je vais continuer le journal cela est ~~trop~~ si interessant ~~de trop~~ et marque une precision si desirée que cela seul me dedomage des peines infinies que cela m'a couté pour y parvenir. Le 12 fevrier il n'y avoit qu'une seconde de difference

Ledit jr j'ai pris le Meridien de bouche aux deux horloges qui avancoient de 15" sur le soleil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions de thermomètre que j'applique au pendule —

35
16
210
35
560

La cheville portée par la verge d'acier qui suspend la lentille agit a 2 lignes de distance du centre du levier ~~celui ci a~~ la grande partie de ce levier a 2 pds 8 ligne de longue = 32 il parcourt donc 16 fois plus de chemin que le petit levier ou que la cheville qui le presse l'entrenité du grand levier agit a 2 lignes de distance du centre de l'aiguille cette aiguille a 5 pds 10 lignes de longueur = 70. elle parcourt 35 fois plus de chemin que la partie sur laquelle le levier agit et par conseqn 35 X 16 fois plus que la cheville qui meut le petit levier c'est a dire 560 fois plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Et pour Jouir de ces proprietés du pendule
Je fais Construire une boite qui aura
un panneau de glace au devant du
pendule par ce moyen on ne sera
pas obligé d'ouvrir la boite et de laisser
entrer la poussiere a chaque fois que
l'on voudra examiner l'etat du trou de
l'Etendue des arcs &c. on Jouira d'ailleurs
a chaque instant de la vüe d'un
Mechanisme ouvert

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour contenir la lentille & l'empecher de tourner il faut que son rayon soit plus grand que la longueur de la fourchette depuis le centre K jusques au dessous de la plaque de la fourchette et on limera le bord de la ~~fourchette~~ lentille jusques a ce qu'il plaque sous la fourchette : Et on voit ~~pour ne pas augmenter la longueur de cette~~ que par ce moyen l'ecrou d'entrecoin doit se loger dans une entaille de la lentille ~~par ce~~ ainsi que je l'ai fait pour le Pendule a chassis il resulte de cette combinaison que l'on menage toute la longueur possible a la verge C D de cuivre ce qui est un très grand avantage

Le thermometre que j'applique a ce pendule sera gradué selon les division de celui de Reaumur et on jugera par lui de la temperature ou l'horloge est exposée

Je mettrai au bas du pendule un index qui ira marquer sur un limbe gradué en degrés du cercle cela est essentiel ~~afin~~ pour pouvoir juger des effets de l'air sur le Pendule des frottements des huiles et de la suspension de l'elé

en chiffres

Verge de Cuivre 54 et il faut aussi que le centre de Mouvement du levier soit percé dans la verge a talon or pour cela les chevilles a et c seront distantes entrelles de 25 lignes au lieu de 41 supposés ainsi la distance de b en c devient 10 lig. $\frac{15}{41}$ au lieu de 17 supposés au Reste cela ne change rien a la Compensation puis que les Espaces parcourus dans ce Rapport donné

Nous simplifierons encore la fourchette qui porte la lentille elle n'aura pas besoin davoir un bras pour aller embrasser le talon de la verge facier ainsi que je l'ai representée Planche XXXIV fig 2 : ainsi je supprime le bras N La bride Q en tiendra lieu et sera suffisante pour empecher la vacillation de la lentille : cette bride Q sera formée par deux simples plaques de Cuivre attachée par deux vis sur la partie O P de la fourchette et a l'extremité de la bride il y aura une vis a portée qui empechera les verges de se caster les unes des autres Il faut que cet endroit du talon soit parralelle a la verge F G contre laquelle glise la fourchette afin qu'en elevant ou baissant la lentille et la bride ne change pas le jeu des Verges

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Verge d'acier ayant donc 5 lignes de largeur et 8 d'épaisseur pour avoir la largeur de celle de cuivre propre a supporter 22 ℔ on fera la proportion 74 : 121 :: 5 : x = 8 lig. $\frac{1}{5}$: mais come elle eprouve un effort plus grand on fera cette autre proportion 41 : 17 :: x : 8 $\frac{413}{74}$ ou environ 8 $\frac{1}{6}$

8 $\frac{1}{6}$

328 / 17

335 / 19 $\frac{12}{17}$

165 / 12

La verge de cuivre doit donc avoir 19 lignes $\frac{12}{17}$ ou environ 20 lignes

La Verge d'acier a talon doit avoir une largeur qui soit a celle qui supporte la lentille come 41 a 17 : on fera donc la proportion

41 : 17 :: x : 5

5

205 / 17

35 / 12 $\frac{1}{17}$ elle aura 12 lignes

1

Dimension du Pendule

Verge qui porte la lentille 5 lignes de largeur

Verge de cuivre ——— 20 lignes.

Verge d'acier a talon 12

37

en tout 37 lignes de largeur sur 8 ligne d'Epaisseur

Il faut que la cheville b agisse autant que cela se peut dans le milieu de la largeur de la

~~augmente~~ est comme la longueur du Grand levier a au petit levier : si donc la lentille a pesé 22 ℔ pour avoir la pression sur la Verge de Cuivre on fera la proportion

41 : 17 :: x : 22 on trouve que la Verge
22
82
82
902 | 17
52 | 53
1

de Cuivre recoit un effort de 53 ℔ de meme que la Verge ~~tandisque~~ a talon tandis que la verge qui supporte la lentille ne recoit que 22 ℔. Il est donc a propos davoir egard a cela pour la distribution de la force de chaques Verges afin quelles eprouvent toutes ~~trois~~ le meme effort il faut donc rectifier les dimensions donnés cy devant puis que nous avions supposé que les ~~longueurs~~ espaces parcourus par le leviers etoient entre eux comme 1 a 2 au lieu quils doivent etre comme 17 a 41 la 1re

(1) les 15 lignes de cuivre par la ~~dilatation~~ dilatation 121 ce qui donne 1815 que lon ajoutera au nombre cy dessus on aura 30749 on soustraira ce nombre de 44770 dilatation du cuivre restera 14021 qui sera un Membre de la proportion : pour la Seconde Verge d'acier on retranchera de la longueur 432 : 45 lignes de le fourchette de cuivre reste 387 que lon multipliera par 74 ce qui donne 28638 on multipliera 45 ligne de cuivre par la dilatation ce qui donne 5445 qui joint a 28638 fait 34083 dilatation de la seconde Verge on a donc 14021 & 34083 qui exprime dans quel rapport les espaces parcourus par le levier & pour trouver les dimensions du levier on fera la proportion comme cy devant

x : a + x :: 14021 : 34083 ~~donne~~ ce qui 34083x = 14021a + 14021x.

donc lon tire $x = \frac{14021a}{20062}$ or a etant 24 : x est $16\frac{15512}{20062}$

ou environ 16 lignes $\frac{3}{4}$: ou si a est 14 lignes x sera

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut observer que le Centre de Mouvement du levier devra encore se rapprocher de la cheville b par la raison que la fourchette qui supporte la centille étant de Cuivre se dilate dans un plus grand rapport qu'on ne la compté cette fourchette aura 3 pcs 3/4 pour avoir une centille de 7 pcs 1/2 Lac fourchette qui supporte le Couteau étant aussi de Cuivre il faut y avoir egard cette fourchette aura 1 pc 1/4 de longueur fait en tout 5 pcs = 60 ligne — trouvons lecrés de la Dilatation du Cuivre sur l'acier pour cette longueur

si 461 : 74 :: 60 = $9\frac{291}{461}$ pc l'acier.

$$\begin{array}{r} 60 \\ \hline 4440 \\ 291 \end{array} \Big\langle \begin{array}{l} 461 \\ \hline 9\frac{291}{461} \end{array}$$

44

si 461 : 121 :: 60

$$\begin{array}{r} 60 \\ \hline 7260 \\ 2650 \\ 345 \end{array} \Big\langle \begin{array}{l} 461 \\ \hline 15\frac{345}{461} \\ 9\frac{291}{461} \\ \hline 6:\frac{54}{461} \end{array}$$

pc le Cuivre

Lecrés de Dilatation du Cuivre sur l'acier pour 5 pcs est de $\frac{6+\frac{54}{461}}{360}$ de ligne ou environ $\frac{1\frac{1}{8}}{60}$ de ligne

J'ai trouvé par le Calcul que cela rapproche le Centre de prés de 4 lignes : ainsi au lieu de 21 lignes il faut donner 17 : du Centre c au point b et 41 lignes du Centre c au point a (a)

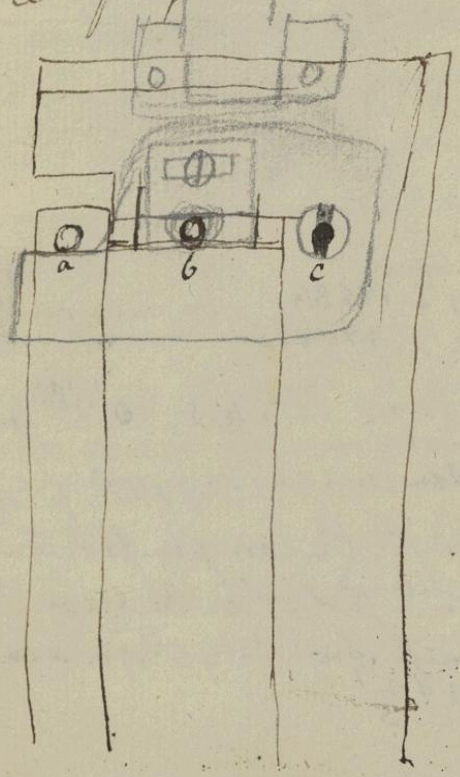
d'où l'on voit que l'effort qui reçoit la verge de Cuivre

(a) Pour trouver ces dimensions il faut calculer a part les parties de Cuivre par exemple la verge a tala a 406 lignes dont il faut oter 15 lignes de la fourchette de Cuivre reste 391 lignes a multiplier par 74 ce qui donne 28934 on multiplier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces dimensions ainsi données je supprimerai
la vis de Rappel et une fourchette : je rendrai
fixe le Centre de mouvement du levier -
lequel tournera sur une vis a assiette qui
le contiendra je ferai le levier de Compen
sation en Cuivre Large et Epais et pour
~~prouver la~~ faire varier le Rapport des Espaces
parcourus selon qu'il sera necessaire pour
les differents sortes d'aciers et de Cuivre je
rendrai mobile la cheville qui appuie sur la verge
de Cuivre cette cheville sera fixée a une plaque
de Cuivre attachée par une vis sur le levier de
Compensation

par cette methode
on demontera facilement
le Levier et la Verge



Je fais la proportion

$x : x + a :: 14726 : 31768$

on a donc $31768\,x = 14726\,a + 14726\,x$

donc $31768\,x - 14726\,x = 14726\,a$

$$\begin{array}{r} 14726 \\ \hline \end{array}$$

ou $17042\,x = 14726\,a$

$$x = \frac{14726\,a}{17042}$$

Multipliant 14726 par 24 & divisant par 17042 - le quotient donnera la valeur de x c'est a dire la distance de la cheville b au centre c du levier - Planche XXV fig 2

$$\begin{array}{r} 14726 \\ 24 \\ \hline 58904 \\ 29452 \\ \hline 353424 \end{array} \Big\lfloor \begin{array}{l} 17042 \\ \hline 20\,\frac{12584}{17042} \end{array}$$

12584

on trouve que $x = 20 + \frac{12584}{17042}$ lignes ou environ 21 lignes

La distance de a en c est donc de $24 + 20\,\frac{12584}{17042} = 44\,\frac{12584}{17042}$

$20\,\frac{12584}{17042}$ &c

Ces deux nombres font ~~des~~ meme rapport que 14726 & 31768 - ainsi la compensation devra se faire parfaitement

ou si la distance de a en c n'est que de 25 lignes, x ou bc sera de ligne $11\,\frac{30}{45} = 11\,\text{li}\,\frac{2}{3}$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 20e Janvier 48/1763

Du Calcul de la Verge composée de trois barres 2 d'acier & une de Cuivre : page 22

On Abregera la Methode du No 1725 & suiv. de l'Essai en Multipliant la Longueur de la pce Verge par 74 Dilatation de l'acier on multipliera de meme la Longueur de la Verge de Cuivre par la dilatation 121 du Cuivre on trouvera

que 406 × par 74 = 30044

et 370 × par 121 = 44770

on Retranchera 30044 de 44770 et le reste 14726 formera un membre de la proportion c'est l'excès de dilatation du Cuivre sur la 1re verge d'acier

on multipliera la longueur de la 2e Verge d'acier par 74 ~~ce qui donne~~ c'est 432 × par 74 = 31768 c'est le second membre de la proportion

Il faut que les Espaces parcourus par le levier de Compensation soyent entieres comme 14726 est a 31768 : :

Pour trouver les dimensions du levier ~~qui va~~ afin qu'il soit dans ce Rapport Je suppose que ~~la~~ l'Intervale on le fera de la manière suivante de la cheville qui appuye sur la Verge de Cuivre jusque a la cheville qui leve la Verge qui porte la lentille est de 24 lignes : J'appelle cet Intervale a et J'appelle x la distance du Centre du levier a la cheville qui appuye sur la Verge de Cuivre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour maintenant trouver les dimensions du levier je suppose que la distance de la cheville qui porte le centre est ~~distante~~ de 24 lignes de la cheville qui appuye sur la verge de cuivre (j'appelle a cette intervalle) et j'appelle x la distance qui y a depuis la cheville qui ~~tenant~~ approcher la ~~la cheville~~ verge de cuivre jusqu'au centre donc de mouvement du levier et je fais la proportion

$$x : a + x :: 44770 : 62012$$

donc $62012x = 44770a + 44770x$

ou $62012x - 44770x = 44770a$

donc $17242x = 44770a$

donc $x = \frac{44770a}{17242}$

$$\begin{array}{r} 44770 \\ 24 \\ \hline 179080 \\ 8954 \\ \hline 1074480 \end{array}$$

Multipliant 44770 par 24 lignes egale a et divisant par 17242 on aura le centre de mouvement du levier

$$\begin{array}{l|l} 1074480 & 17242 \\ \hline 39960 & 62 \frac{5476}{17242} \\ 5476 & \end{array}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour la verge ~~d'acier~~ 46 de cuivre

Si 461 : 121 :: 370 : = 97

370
8470
363
447770 | 461
3280 | 97 $\frac{53}{461}$
53

L'allongement des verges d'acier est donc a l'alongement de celle de cuivre comme 134 $\frac{238}{461}$ est a 97 $\frac{53}{461}$ #

~~les espaces parcourus par le levier de compensation doivent donc être en raison inverse de ces quantité~~

Si donc on suppose que la distance de la cheville qui porte la centille a son centre de mouvement est de 24 ligne on aura la proportion

~~24 : x :: 97 : 134~~
24

~~134 : 97 :: 24 : x~~
24
888
134
23328 | 134
9720 | 174 $\frac{50}{134}$

~~Mais au lieu de ces nombres~~

or pour avoir exactement les dimensions du levier il faut reduire ces nombres au meme denominateur et pour cela prendre les ~~dividen~~ produits 62012 – 44770 qui sont en meme rapport que ~~que~~ 134 $\frac{238}{461}$ et 97 $\frac{53}{461}$

tVV

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 8r Janvier 1763

Du Pendule composé a Levier de Compensation

Trouver les dimensions du levier de compensation dans le Pendule dont il est parlé cy devant

La verge d'acier a talon a 2 pds 9 pcs 10 lignes depuis le centre de suspension jusqu'au talon qui reçoit la verge de cuivre = Lignes 406

La seconde verge d'acier à trois pieds depuis la cheville ~~qui agit~~ laquelle sur le levier de compensation agit jusques au centre de la lentille = 432 lignes

Longueur totale des verges d'acier 838 lignes

La verge de cuivre a 30 pcs 10 lignes = 370 lignes

Or pour la compensation il faudroit que la longueur du cuivre fut a celle d'acier comme la dilatation de l'acier est a celle du cuivre mais comme nous ne employons qu'une verge de cuivre il faut que le levier de compensation supplee a ~~la diffe~~ qui manque a la dilatation du cuivre

~~on aura donc la regle suivante~~

Les pace parcouru par le point du levier qui pose sur le verge de cuivre est a l'espace parcouru par le point du levier qui eleve la verge qui porte la lentille comme la dilatation de la verge de cuivre est a la dilatation des verges d'acier par ce moyen la compensation se fera parfaitement

Pour avoir cette proportion il faut trouver la dilatation des verges d'acier et celle de cuivre par ces analoyes -

Si 461 lig. : 74 :: 838 pour les verges d'acier = 134

74
838
3352
5866
620,12 ∠ 461
1591 — 134 238/461
2082
238

les mains d'œuvre il est vrai que cette four-
chette sera plus dilatable que si elle etoit de
fer Mais ~~cela ne~~ cette difference cause aucune difficulté le levier
de Compensation corrigera cela
la fourchette qui porte le couteau devra
aussi etre de Cuivre ainsi que le Support
~~[illegible]~~
Je vais faire executer des Modele de toutes
ces pieces et je m'occuperai a toutes mes Pendules
a Secondes au meme Calibre

Pour ~~[illegible]~~ reduire le frottement de l'echappe-
ment il faut placer le centre de l'ancre tout
près de la circonference de la Roue d'echappe-
ment les bras de l'ancre seront plus courts
et par consequent la trainée plus petite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 4e Janvier 1763

La verge de pendule dont Jai donné les dimensions page 19 devient trop pesante & plus forte qu'il n'est besoin pour porter une lentille de 22 lt (que Je veux employer) Je vais donc rechercher des Dimensions & les moyens de rendre cette verge d'une Execution plus facile & moins couteuse.

Dimensions de la lentille

~~8 pces de~~ Diametre 7 pces 1/2

2 pces ~~moins une ligne~~ d'Epaisseur

Son poids sera de 22 a 23 lt

La simple verge d'acier qui supporte la lentille ayant 2 lignes ½ d'epaisseur & 5 lignes de large est assez forte : ainsi celle de Cuivre seroit étant simple (74 : 121 :: 5 : x = 8 lignes 13/74) 8 1/5 et comme elle recoit un effort double par la lentille elle devra etre de 16 lignes 2/5 et la verge a talon aura 10 lignes de largeur & toutes trois la même epaisseur 2 lignes : La verge aura en tout de largeur 31 lignes 4/5

La fourchette qui ~~est~~ supporte la lentille peut etre de Cuivre ~~et~~ fondu & porter le bras qui passe a Coté de la Verge pour empecher la verge de vaciller. Cela diminuera de beaucoup

Experiences sur les frottements de l'Echappement dans mon horloge Astronomique

Le 20e 9bre 1782

J'ai fait agir la fourchette de cette horloge plus près du centre de suspension afin d'augmenter l'Etendue des arcs : le poids restant le meme ainsi que l'arcs d'Echappement ~~l'hor~~ le pendule decrit des arcs de 50m c'est a dire 5/6 de ~~[illegible]~~ degrés et autefois avec le meme poids l'echappement ou elle ne decrivoit que 20m ~~fois~~ dans la meme temperature il y a donc une difference de 30m que le pendule decrit de plus parce que la trainée du repos est moindre et la levée plus grande : le frottement du repos produira donc moins d'ecart a l'horloge cette experience est essentielle et conduit a la perfection de la Machine on tire de la cette Regle que plus l'arc d'echappement sera court de plus le frottement sera petit voyés l'essai N° -- 2267

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ne suffit pas d'avoir fait les verges du pendre d'une solidité relative a la pression quelles doivent essayer il faut aussi que le levier de compensation soit bien solide afin qu'il ne prête fléchir c'est pourquoi il faut qu'il ait la meme epaisseur que les verges et qu'il soit large d'un pouce pasé car l'effort qu'il reçoit est double du poids de la lentille

Indépendament de la pesanteur de la lentille il faut encore considerer le poids meme des verges car la verge coudée ne supporte pas seulement la lentille ~~mais encore~~ elle supporte de plus les verges de cuivre et la 2e d'acier il faut donc ajouter a l'effort de la verge coudée ce deux quantité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la Centille elle sera donc de 12 lignes et renforcée vers les talons ainsi qu'on le voit dans la figure.

C'est en consequence des Remarques precedentes que j'ai donné a Mr. Julot les dimensions cy dessus pour qu'il execute ce pendule ~~dont~~ nous rendrons compte du succès de les dimensions

Il faut examiner ~~talons~~ par la meme Methode les pendules a chassis et on verra que ~~toutes~~ ~~chaque~~ verges ne doivent pas avoir la meme largeur

Il faut noter par rapport a ce pendule que l'on se dispense de faire entrer le bout inferieur du premier chassis c.d planche XXVIII fig: 1re dans la centille cet ajustement etant assez difficile : et pour contenir la centille en empechant de tourner on fera passer dans une fente de la fourchette qui porte la centille des parties prolongées des verges au dessous de la traverse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la largeur de celle cy: c'est a dire
qu'il faut en general que les largeurs
des verges soyent dans le rapport
des pressions — alors ~~chaque~~ toutes les parties
du pendule ~~rapport approuvent~~ seront capables de supporter le même
effort sans affaissement &c

Dimension a donner aux verges du pendule

Pour supporter une lentille de 30 ℔ une verge
d'acier qui a 4 lignes d'epaisseur sera suffisamment
forte en lui donnant 6 lignes de largeur
~~il~~ faut partir d'après ces dimensions pour trouver celle
de cuivre on fera selon le principe la proportion $74 : 121 :: 6 : x = 9\frac{60}{74}$ c'est a dire qu'un
pendule qui auroit une ~~la~~ verge de cuivre ~~qui aura~~ de 10 lignes de largeur &c
4 d'epaisseur ~~est~~ seroit ~~egalement~~ aussi propre a soutenir
un poids de 15 ℔ ~~comme~~ que ~~est~~ la verge d'acier qui a
6 lignes de meme epaisseur mais comme pour
le pendule composé la verge de cuivre
supporte un poids double de pesanteur
il faut doubler la largeur de ~~la~~ cette verge ainsi
elle sera de 20 lignes: enfin la verge d'acier
qui porte les deux talons eprouve le même
effort que celle de cuivre donc cette verge d'acier
doit avoir le double de la largeur de
la verge d'acier qui porte simplement les

Car si le levier de Compensation est tel (ainsi que cela doit etre pour la Compensation du Pendule de trois Verges) que ~~l'action~~ de la lentille agisse avec un effort double sur la Verge de Cuivre alors la largeur de cette Verge ne doit pas etre seulement comme la dilatation du Cuivre a l'acier mais de plus comme l'effort quelle Reçoit est a celui que prouve la Verge qui supporte la lentille c'est a dire dans le Cas actuel ~~cette~~ double de la largeur premierement trouvée: Enfin La Verge d'acier qui porte les deux talons dont l'un porte le point de suspension et l'autre qui recoit la Verge de Cuivre cette verge dis je ne prouve pas simplement l'effort du poids de la lentille mais elle recoit cet effort multiplié par le levier c'est a dire ~~la meme quantité~~ le double du poids de la lentille donc cette quantité ~~fait effort~~ pour Ecarter ces talons et fléchir la ~~lentille~~ Verge ainsi pour quelle ~~ne puisse pas~~ reprouve plus d'effort que la Verge qui porte la lentille il faut quelle ait le double

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 28. Juin 1762

Remarque sur les dimensions d'un Pendule composé de trois verges une de cuivre et deux d'acier

Pour déterminer avec une extreme exactitude les dimensions d'un tel Pendule il faut bien considérer comment la ~~pesanteur de ses composés~~ de lentille agit sur toutes les parties de la verge ~~et est d'abord évident~~ pour cela il faut remarquer que s'il n'y avoit point de levier de compensation ~~mais~~ et que la verge qui porte la lentille ~~ay~~ eut simplement un talon qui posat sur la verge de cuivre alors les verges de cuivre et d'acier devroient etre ~~simplement~~ dans le rapport des dilatations c'est a dire ~~cette~~ comme 121 : a 74 d'acier et de cuivre (voyé page) or cela est fondé sur nos experiences qui paroissent prouver que les dilatations sont en raison inverse ~~des~~ dureté ou tenacité des parties qui composent les corps : donc en donnant 6 lignes de largeur et 4 d'epaisseur a une verge d'acier simple qui porte une lentille de 15 ℔ Lors que cette verge porte un talon qui appuye sur une verge de cuivre la largeur de celle cy doit etre a l'autre (l'epaisseur etant la meme) comme 121 : a 74. Mais Lors qu'il est question d'un pendule qui a un levier de compensation les dimensions deviennent tout autres ainsi que nous allons le faire a voir car

Car l'action du feu pour dilater est d'autant plus grande qu'elle trouve une moindre resistance dans les parties des corps. Il en suit une plus grande extension

qui a un Regulateur a ressort puisqu'ant le changement
de frottement de ~~Regulateur~~ l'echappement est capable
de produire de si grands ecarts on doit penser
que dans les montres les changements de frottement
du Repos n'en doivent pas causer de moindres
D'ou l'on peut conclure 1° qu'il faut employer
preferablement lorsqu'il est possible un echappement
dont la trainée est tres petite et qui n'exige
pas d'huile car dans ce cas le frottement
est plus constant 2° qu'il faut tenir les
bras de l'ancre le plus court possible afin
de diminuer la trainée 3° faire de corps de
plus grands arcs de levées afin que le Regulateur
ayant une plus grande quantité de
mouvement les frottements soyent dans
un moindre rapport 4° que la trainée pour
le repos soit la plus petite ###

Experience sur le meme objet que le precedent
En Juillet 1762 je m'apperceu que l'horloge astrono-
mique faisoit des ecarts assez considerable je n'en
attribuai la cause qu'au frottement du ~~cylindre~~ repos dont la
trainée etoit trop grande. Pour y remedier j'ai change
la disposition de la fourchette qui au lieu d'agir sur le pendule
dans un point eloigné du centre de suspension agit au
contraire plus pres par cette disposition l'echappement
reste le meme et la levée est plus grande ensorte que le
pendule avec la meme moteur decrit de plus grands arcs
ainsi le frottement de l'echappement devient par là dans un
moindre rapport avec la force du mouvement du pendule
aussi est il arrivé que j'ai été obligé de raccourcir le
pendule de près d'une ligne ~~[illegible]~~ ce raccourcissement du pendule est causé par les arcs plus grands qu'il a pour rattraper le frottement
de l'ancre le frottement etant moindre le pendule trouvant avant de perdre ses grands arcs plus long-
temps il y a un autre avantage en tenant les bras de l'ancre les plus court que
les pattes penetreront moins avant dans la roue ensorte qu'il y aura de moindres chocs
et par consequent moins de force perdue en sorte que toute la force
de la roue se transmettra avantageusement pour produire du mouvement
au Regulateur

122

Juin 35
1762

Experience faite avec un Pendule a Secondes sur l'effet des frottements d'un Echappement a Repos

Ma Pendule a Equation presentée a L'Academie en 1754 a un Echappement a repos ~~dont~~ l'ancre a son centre de Mouvement environ ~~de~~ 6 pces au dessous du point de suspension du Pendule & la cheville de la fourchette agit sur le Pendule 6 pces au dessous ~~la~~ & fit a 12 pces du point de suspension. Disposition que j'ai donnée ainsi que je l'ai dit pour faciliter l'execution de l'Echappement et pour que le Pendule decrive de très petits arcs. mais j'ai reconnu depuis Longtems que cette methode d'augmenter le chemin parcouru par les palettes d'Echappement est très defectueuse car la trainée qu'il y trouve augmente les frottement sur le Repos et c'est ce que je viens de verifier dans l'horloge suivante car après l'avoir ~~été~~ reglée pendant Longtems je me suis apperçu tout a coup qu'elle retardoit de plus en plus. Je remontai la lentille de 2 tours d'ecrou et elle alloit toujours en retardant ce que je ne pus attribuer qu'au frottement de l'ancre car je vis que les palettes etoient entierement depechés en ~~effet~~ apres y avoir mis de l'huile. La Pendule a avancé et elle n'a été reglée qu'après avoir ramené ~~la~~ lentille au point ou elle etoit auparavant. Or si dans une ~~horloge~~ qui

Proposition sur les Pendules composés a levier.

Dans un Pendule composés a levier le chemin parcouru par la partie du levier qui eleve la lentille doit etre a l'espace que parcourt le bout superieur de la verge de Cuivre (ou ce qui revient au meme la partie du levier sur lequel elle appuye) come la Dilatation ou quantité d'allongement des verges d'acier est a celle de Cuivre si donc l'on a deux verges d'acier qui ayent 68 pd 9 li = 825 lig et que la verge de Cuivre soit de 371 lig: on trouve que pendant que 825: l'allongent de $\frac{132}{360}$ lig 371 l'allongent de $\frac{97}{360}$.

on a donc la proportion

grand levier est a petit levier come 132 est a 97 ou a peu pré come 11 a 8

A23

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La lentille devra meme descendre encore plus bas car elle ne pesera que 15.# et celle du Pendule a chassis etoit de 24.#

Sur les verges de Pendules Simples.

Il suit des memes observations qu'il ne faut pas etre moins attentif a proportionner la grosseur des verges ~~ordinaires~~ simples a la pesanteur de la lentille que ~~pour~~ dans les Pendules composés car si la lentille est trop pesante relativement a la verge il arrivera que la verge s'allongera de plus en plus par la chaleur et que le froid ne la ramenera jamais au meme point ou elle etoit avant l'extension et c'est une chose que nous avons prouvé par l'experience # Il suit de la meme remarque que les suspension a Repos doivent necessairement ~~aller tous~~ s'allonger de plus en plus par les changement de temperature or c'est une des Raisons de preference que nous avons donné a la suspension a Couteau

Lors donc que l'on voudra employer une lentille qui pese 15.# il faudra employer une verge d'acier qui ait 10 lignes de largeur et 3 d'epaisseur # Cela est fort eloigné de tout ce qui se pratique Comunément

et ainsi de suite a proportion que la lentille est plus pesante ~~——~~ en sorte que une horloge ou une Pendule est appliquée ira toujour en retardant de plus en plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une Verge de 10 lignes de largeur 2 de 4 d'Epaisseur ou en
supposé en place 4 qui ayent chacune 5 lignes de largeur
et 2 d'epaisseur ~~cette~~ chacune supporteroit un poids
de 7 ℔ ½ C'est a dire la même quantité que sera le
Pendule a chassis avec une Lentille de 15 ℔.
~~Enfin il faut pour avoir~~
~~Leur~~ Ces deux Sortes de Pendules ainsi entendus
seront egalement propres a remedier aux effets
de la dilatation et ils devront etre sensiblement
de meme pesanteur quoi que composés ~~dis~~
l'un de 3 Verges et l'autre de 9, d'ou il suit
~~ainsi les Centres d'oscillation~~ que la distance des
points de suspension au Centre de la lentille
sera la même dans ces deux Pendules —

Experience sur la quantité dont le
Centre d'oscillation du Pendule a chassis
est remonté

Selon l'Observation Rapportée a la suite d'
mes Experiences sur le Pendule a chassis le
6e 7bre 1780: ayant fait marcher l'horloge
Astronomique et Reglée le Centre de la
lentille est distant de celui de suspension
de 3 pd 2 pces 5 lignes C'est a dire 18 lig½
plus bas que le Centre d'oscillation: Nous
nous reglerons donc sur cette observation pour
fixer la longueur de nos verges et profiter
de cette ~~longueur du Pendule~~ quantité dont le pied de la verge fait
remonter le Centre d'oscillation du Pendule

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'experience rapportée page 10: Cependant chaque verge ne supporte qu'un poids de 12.# car la lentille est de 24 # et est supportée par deux verges correspondants:
Les verges du Pendule a chassis ont 5 lignes de largeur & 2 d'epaisseur une verge de telle dimension ne peut donc pas supporter 12.# sans affaissement.
Nous appliquerons au Pendule a chassis une lentille qui ne pese que 15. ainsi chaque verge ne supportera que 7.#½

Il paroit selon cette remarque que les verges du Pendule (de trois verges) ayant 10 lignes de largeur ne seroient pas encore assez forte pour soutenir sans affaissement une lentille de 15.# puisque chaques verges ~~supposée soutiendroit~~ supposée de 5 lig. de largeur & de deux d'epaisseur ~~soutiendroit~~ eprouveroit encore un effort de 15.# et on a vu que le Pendule a chassis ~~qui soutient 12~~ ayant des verges de 5 lig. de large & 2 de paisseur soutenant un poids de 12.# est encore affaissé. Il faudra donc pour parer cet obstacle sans diminuer le poids de la lentille augmenter la solidité des verges du Pendule que nous nous proposons de executer ainsi au lieu de 3 lignes d'epaisseur il faudra leur en donner 4 par ce moyen elles seront quattre fois plus solides.# ainsi un poids de 30.# produira un affaissement 4 fois moindre c'est a dire que si au lieu de supposer # que ne le sont celles du Pendule ~~[illegible]~~ de comparaison

Largeur de la Verge de Cuivre Sera de ~~16~~ lignes $\frac{1}{2}$
et même epaisseur que celle d'acier

Lentille de 15 ℔ : chaque Verge Soutiendra un poids de 30 ℔ Mais Comme elles seront doubles en force c'est Comme si deux Verges soutenoient 30 ℔ ou chacune 15 ℔

Pour rendre ce Pendule aussi parfait que celui a chassis nous suspendrons la lentille par son Centre et elle Sera suspendue avec une fourchette comme dans le Pendule a chassis

Le Levier de Compensation Sera Mobile avec une vis de Rappel Comme nous l'avions pratiqué a notre premier Pendule de l'ancienne horloge Astronomique

Pour empecher la lentille de tourner et cela sans faire passer la Verge du Pendule a travers pour la maintenir : elle Sera entaillée en sorte que le haut de la fourchette y entrera juste

Le crou du dessous de la fourchette se logera dans cette entaille faite a la lentille

Nous ajouterons a ce Pendule un Thermomètre Comme nous l'avons pratiqué ci devant a plusieurs Verges

Remarque

Le Pendule a chassis est susceptible d'affaissement par la lentille ainsi que nous l'avons vu par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parvenus a ce point ~~elle~~ les dimensions d'un tel Pendule servirons a donner les dimensions de tout autre Verges quelconques

J'ai fait un Pendule composé de trois Verges deux d'acier et une de cuivre: dont la lentille ne pese que 15# et affaise encore la verge parce que le levier augmente du double ~~l'espace parcouru~~ la quantité dont la verge de cuivre se dilate. nous sortirons d'après ce Pendule pour en disposer un qui remplisse parfaitement ce que nous enseigne une Verge:

Dimensions du Pendule de comparaison

Les verges ont 6 lignes de largeur

deux lignes d'epaisseur

Lentille 6 pcs 1/2 de Diametre

pese 15#

La verge de cuivre est de même grosseur que celles d'acier

Levier de compensation la verge a gît sur le milieu de la longueur. donc ~~chaque~~ la verge de cuivre soutient un poids de 30# mais comme cela affaise les verges il faut changer les dimensions comme cy dessous

Dimensions a donner au Pendule que l'on veut faire sur la même construction de celui de comparaison

Les verges auront ~~10~~ 7 lignes de largeur d'acier

et 4 lignes d'epaisseur

or dans le cas actuel la lentille a tant de 15# elle pressie sur celle de cuivre comme avec 30# a cause que le levier est double de longueur

Pour que ~~nous~~ ~~les~~ nous verges, l'une d'acier & l'autre de Cuivre ~~approchent~~ ayent meme solidité c'est a dire soient capable de supporter le même poids sans etre plus affaissés l'une que l'autre il faut que la grosseur de celle d'acier soit a celle du Cuivre comme la Dilatation de l'acier est a celle du Cuivre (a) c'est a dire comme 74 a 121 ou 13 a 22

Dans un Pendule qui n'est composé que de trois verges deux d'acier & une de Cuivre il faut que le levier de Compensation ~~augmente~~ remonte la lentille de près du ~~Da~~ double du chemin parcouru par la verge de Cuivre : ainsi la lentille agit sur cette verge avec une force double de son poids. Si donc on veut eviter l'affaissement des verges il faudra ou faire une lentille moitié plus legere ou des verges ~~qui~~ soient doubles de force. Mais comme on ne peut pas tirer immediatement par le calcul le poids que doit avoir une lentille appliquée a un Pendule donné & qu'il faut ~~passer~~ d'après des Experiences nous rapporterons ci apres ces dimensions avec les effets qu'elles ont produit & nous irons ainsi de proche en proche en diminuant la lentille jusques a ce qu'elle n'affaisse nullement les verges

(a) Une autre Consideration qui ne faut pas laisser echapper dans un Pendule qui n'a qu'une verge de Cuivre c'est qu'il ne faut pas seulement que la verge du Cuivre soit a celle de l'acier comme 121 a 74 mais a cause de la pression multipliée du levier il faut qu'elle soit large a proportion de l'action de la lentille multipliée par le levier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suite d'Observations sur les Verges de Pendules Composées pour corriger les Variations du chaud & du froid.

9e Fevrier 1762

La Remarque de la page 11. Cert a nous faire connoître qu'il est possible de faire differents sortes de verges composées pour remedier aux Ecarts produits par la dilatation & contraction des Metaux et que cela depend du Rapport de Solidité de la Verge avec la pesanteur de la Lentille. Ainsi en n'employant qu'une Verge de Cuivre et deux d'acier et un levier de compensation on pourra parvenir aussi parfaitement au même but qu'avec un Pendule a chassis il suffira pour cela que les Verges soyent tres fortes & la lentille legere & de sorte que soit qu'on pose la lentille ou qu'on la souleve elle represente toujours la même situation: Ce que l'on verra en l'appliquant sur le Pyrometre instrument sans lequel on ne peut esperer de parvenir a ~~composer~~ Precaution un bon Pendule! On ~~peut mettre~~ Si on veut y employer un Pyrometre il faut ajouter un Thermometre au Pendule qui servira encore a verifier le Rapport du poids de la lentille avec la Solidité des verges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Lentille et ~~on~~ ensuitte l'heure de l'horloge sur celle de ma montre : on vérifiera ainsi a plusieurs reprises la Marche de l'horloge jusques a ce qu'elle suive parfaitement le tems moyen

On voit que par cette Methode en même tems que l'on compare la justesse de son horloge ~~que~~ l'on a la facilité de retoucher a la Lentille et de remettre son horloge a l'heure ~~parce que ce mouta~~ ~~Conclure l'heure~~ parce que pendant cette operation la Montre conserve l'heure ce que l'on ne pourroit pas ~~faire~~ obtenir en verifiant ~~directement~~ immediatement l'heure de l'horloge avec le Soleil. Car pendant que l'on touche au Pendule pour le ~~regler~~ ~~ou~~ ~~a l'horl~~ aux Aiguilles pour les remettre a l'heure le Soleil passe et on est obligé d'attendre au Lendemain pour ~~le~~ remettre l'horloge avec le Meridien !

fois La meme operation le Combien
L'horloge varie —

Exemple. Le 6.e fevrier 1762.
Je veux avoir exactement L'heure du tems
moyen pour verifier La justesse
de mon Horloge Astronomique et la
remettre facilement a L'heure a chaque
observation Je cherche dans La III.e table
d'Equation de mon livre ~~La difference~~ ~~L'heure~~
du Tems moyen au midy vrai Je trouve
que Lors quil est midi au Soleil ~~L'hor~~ le
tems moyen doit marquer 12.h 14.m 34.s
J'arrete donc avant midi La Montre a secondes
en sorte quelle marque ~~juste~~ midi 14.m 34.s et
J'attend le passage du Soleil au Meridien
aussitot arrivé Je laisse marcher la montre
et J'ai ~~le tems mo~~ précisement L'heure du
tems moyen que Je transporte a mon
horloge que Je regle a la seconde sur ma
montre. Le Lendemain ou dans deux jours
de. Je recomence La même operation
et après avoir pris L'heure au Soleil J'examine
d'abord La difference de mon horloge avec cette
heure Je ~~Monte~~ ou descend en consequence

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lexperience qui y donne bien que pour
Juger si la pesanteur de La Lentille
est proportionelle a la force des
verges de Compensation d'un Pendule
quelconque que Le Pendule etant
apliqué sur un Pyrometre il faut
que soit que Lon appuye sur la
Lentille ou qu'on La Souleve Laiguille
du Pyr. Revienne toujours au meme degré
d'où elle est partie

Methode ~~de~~ pour prendre trés exactement
L'heure du tems moyen par le passage
du Soleil en se Servant d'une
Montre a Secondes pour transporter
l'heure sur L'horloge a Secondes
~~Mettre~~ avoir votre Montre au Nombres de Minutes
et de Secondes Marquée par La Table
d'Equation de L'année courante. et faites
La Marcher a L'Instant du passage du
Soleil au Meridien vous aurés Exactement
L'heure Moyenne pour le jour donné ensuite
vous La transporterés facilement a L'horloge
et verés ainsi en Répétant plusieurs -

pas au meme point ce qui est causé par
la trop grande pesanteur de la lentille
qui n'est pas proportionelle a la force
des verges. S'il on soulève la lentille
le meme effet arrive

Pour corriger ces deux deffauts il faudra
faire une lentille plus petite et plus
legere : car 1° etant plus petite les
verges de compensation en seront
d'autant plus longues 2° etant plus
legeres la flexion des verges sera
toujours capable de ramener la
lentille au meme point et l'extension
agira avec toute son energie : enfin
la lentille etant plus legere le centre
d'oscillation du pendule remontera ainsi
pour le ramener plus bas il faudra
faire descendre la lentille ce qui
donnera la liberté d'augmenter encore
la longueur des verges

Remarque

Il resulte de notre observation et de

129

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 3e Fevrier 1762

Experiences faites avec un Pendule a chassis pareil a celui decrit dans mon Essai chap. 7. La Lentille de ce Pendule pese 23 lt 6 onces.

Jai fait executer ce Pendule a chassis selon les mêmes dimensions dont Jai rendu Compte dans mon precedent livre Je L'ai appliqué sur Le Pyrometre et mis L'aiguille a zero: L'air exterieur etant a la glace L'air Th. est venu a 2d au dessus de froid: L'aiguille a parcouru 2d du froid: ensuite mis L'Etuve et fait chauffer avec des Molle Le Th est venu a 34d. Pyr a parcouru 10d du chaud et est venu a 5d ou il est resté assez Constamment ole L'Etuve Th est venu a 2d & le Pyrometre a 0:

D'ou il suit que La Compensation ne se fait pas parfaitement et que les verges ne sont pas assez Longues

Jai encore eprouvé un autre deffaut de ce Pendule C'est que si on appuye sur La Lentille ~~les verges ont un~~ pendant qu'elle est suspendue sur le Pyrometre Les verges ont une flexion et que si on laisse a la Lentille dans La remonte ~~elle~~ L'aiguille du Pyrometre ne revient

Remarque 20. Sur la Pendule Astronomique

Le 23.e Juin 1761

En Eté Lorsque la Pendule est exposée a 22 degrés de temperature elle decrit des arcs de 25.m

nous observerons en hiver combien ils sont plus petits afin d'en conclure l'effet des huiles et la necessité d'employer un echappement Isochrone pour corriger les Inegalités de force Motrice dans les horloges, même ~~Pendule~~ le Moteur est ~~[illegible]~~ un point

Le 5.e Fevrier 1762 Le Th etant a 2.d au dessus de la glace dans la chambre La Pendule astronomique décrit 15.m c'est a dire 10.m moins qu'en Eté ainsi 20.d de difference dans la temperature changent 10.m de l'etendue des arcs.

Le 2.e Mars 1762

Le froid exterieur etant a 4.d au dessus de la glace et l'interieur a 1.d

La Pendule ne decrit que des arcs de 12.m ½ ainsi 23 degrés de difference dans la temperature ont ~~diminué de moitié~~ reduit l'etendue des arcs a la moitié de ce qu'ils etoient en Eté; voila l'effet produit par les resistances des huiles & la difference des frottement du chaud au froid: cette difference auroit eté infiniment petite si le Pendule eut decrit de grands arcs & que la force motrice eut eté plus grande (les frottements restant les mêmes) car la diminution ~~de force~~ que les huiles auroient produit auroit eté dans un moindre rapport avec la force Motrice ~~[illegible]~~ Essai.

130

de la lentille au lieu qu'elle est de 9 lignes — et qu'elle auroit dut etre moindre pour que le Pendule n'eut souffert aucun changement dans sa longueur Notre dernier Pendule est donc bien preferable comme on le verra — page car le poids de la lentille est partagé sur deux Verges qui ne supportent chacune que la moitié du poids au lieu qu'ici la lentille agit avec le double de la pesanteur — voyez les autres raisons de preference — chap — page —

apres avoir Netoyés et remonté mon Pendule je l'ai fait monter Librement afin de juger de l'effet que la difference de pesanteur de lentille apporte aux Vibrations

a 10h. 29m. fait decrire 30m ou ½ degrés
a une heure ——— 20m.

30m. ont été reduits a 20 en 150m. —
la lentille pesant 6s avoit mis 240m. celle cy seroit donc preferable n'etoit quelle affaisse le Pendule de la maniere que nous venons de le dire a moins que l'on n'employat des Verges extremement forts

apres avoir rétabli l'angle du Couteau qui etoit trop mousse
a 4h 35m fait decrire ——— 30m.

avons donc enfin terminé tout ce qui
concerne l'objet des Dilatations et contractions
des Metaux qui nous a occupé pendant cinq
ans consecutifs aussi croyons nous avoir examiné
cette matiere avec tous les soins possibles et portée
a sa derniere perfection

Nous observerons ici que les limites que l'on
peut etablir sur la charge ou poids que peut
porter une verge de cuivre dans ~~cette a taille~~ qui a sept lignes
de largeur et trois lignes d'epaisseur est au
plus de ~~54 livres~~ a 40 livres

dans ce Pendule la lentille ne pese que 22
livres mais come elle est suspendue par le
point a du levier mobile en x : et que
la longueur ax est a celle bx come 13 est
a 7 on voit que l'effort de la lentille sur
la verge de cuivre est presque le double de
sa pesanteur come on le verra en faisant
la proportion on trouvera que l'action

$$\frac{13}{22} : 7 :: x : 22$$

de la lentille est de 40 $\frac{6}{7}$ action qui diminue

$$\begin{array}{r} 26 \\ 26 \\ \hline 286 \end{array} \left\langle \begin{array}{l} \frac{7}{40}\frac{6}{7} \end{array} \right.$$

l'entension de la verge de cuivre car la distance du
levier (bx) aurait dut etre de $8^{L}\frac{5}{12}$ dans l'affaissement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au reste nous avons remédié a cet obstacle par notre excellent Pendule de notre dernier Horloge astronomique

Nous n'avons pas voulu rapprocher davantage le centre de mouvement du levier pour la raison que la lentille tendroient alors encore plus a diminuer l'entaille de la verge de cuivre S.^te cause du petit ecart que nous avons remarqués pendant l'epreuve rigoureuse qu'il a ce Pendule a soufert — Nous le considerons donc comme porté a son plus haut degré de perfection mais nous preservons infiniment notre dernier Pendule

Le lendemain 21.e Janvier l'Etuve l'air exterieur etoit a un degré au dessous de la glace le Pyrometre est resté constament a 0 — ce qui confirme que le Pendule est au point convenable

Jai supprimé le coulant mobile d.f. et percé un trou, chassé une cheville a force, laquelle — fixe le centre de mouvement du levier — qui ne peut etre derangé comme cela auroit pu le faire avec la vise de rappel: v — cette cheville est distante de 7 lignes du point — de contact b Jai fait cette operation avant l'experience precedente le Pendule est donc mis dans un etat constant — Nous

Th a 20 —	Pyr. a 6 chau
Th a 26 —	Pyr a 7 chau
Th a 34	Pyr. a 9 chau
Th a 37 —	Py — a 9 chau
Th a 40 —	Py — a 9 chau
Th a 43 —	Pyr — a 9 cha
Th a 46	Pyr — a 10 chau
Th a 47½ —	Pyr. a 10 —

Le Th est resté après de tes a 47 et le Pyr: a 9 ch

Nous sommes donc parvenus a rendre ~~notre~~ Pendule aussi parfait qu'il est possible. Car le petis ecarts qu'il fait en eprouvant une si grande chaleur peut etre considéré comme nul et vieu sur tout de ce que les parties de la verge qui sont dans la lentille ne sont pas aussi tot frapée de la chaleur que ~~celles parts~~ celles qui sont dehors et que celles cy se dilatent tandis que les autes sont encore froides il faut pour ~~cela~~ que la lentille soit echauffée ce qui ne peut se faire que lentement ~~ce qui~~ or ici arrivera que dans le changement de temperature naturelle le Pendule ne passe pas si subitement du chaud au froid mais par des degrés insensibles qui agissent egalement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement du levier et j'ay trouvé une faute qui me rendoit ce centre de mouvement trop distant du point de contact de la verge de cuivre qui ne remontoit pas assés celle qui porte la lentille : j'ai d'ailleurs reflechis que ce calcul avoit été fait d'après nos p^rs experiences qui nous donoit le Rapport des Dilatations du cuivre a l'acier comme 22 a 13 : tandis que selon nos dernieres experiences sur les quelles on peut Tabler ce Rapport est 121 : a 74 : j'ai donc calculé de nouveau les dimensions de mon Pendule et trouvé que la distance du centre de mouvement du levier doit etre de 8 $\frac{\text{lig}\ 5}{12}$ du point de contact de la verge de cuivre sur le même levier : d'après cela j'ai donc changé le centre de mouvement du levier !!! et remis de nouveau la verge dans la glace ensuitte je l'ai appliquée sur le pyr

Le M a 0 — Pyr. a 0

ayant mis l'étuve et des Mots

M a -- 12 Pyr. a 6 chaud

!!! que je n'ai donné que de 7 lignes a cause de la diminution d'extension qui produit la pression de la lentille

ayant ~~ôté~~ mis le Pendule sur le Pyr.

Pyr. a : 0 –

Le Th a 0

mis l'Etuve et fait chauffer

Pyr. : 8

Th. a 20

Pyr. : 12

Th. a 30 ——————

Pyr. – 12

Th. a 36 ——————

apri avoir ôté l'Etuve le Th est revenu a 3 degrés et le Pyr. a 0 –

C'est a dire au point dont il etoit partis –

La même chose est arrivée dans l'experience precedente ce qui confirme que la lentille ne produit pas de dérangement

Je n'ai cependant pas encore été content car le Pendule s'est allongé de $\frac{12}{360}$ de ligne pour 36 degrés de chaleur du Th. de Reaumur au dessus de la glace et quoi que ce soit une tri petite erreur sur tout a prés les Ecarts que ce Pendule faisoit cy devant j'ai travaillé a decouvrir la cause de cet ecart – pour cet effet j'ai revu le Calcul que j'avois fait p.r determiner le Centre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Th a 20.8	Pyr a 10 chaud
Th a 26	Pyr a 11 chaud
Th a 32	Pyr a 14 chaud
Th a 36	Pyr a 16 chaud
Th a 37	Pyr a 16 ½

Cette experience prouve donc l'effet de l'affaissement de la grande lentille et combien il est essentiel de proportionner le poids de la lentille a la force des verges ainsi que nous l'avons fait voir dans notre Essai sur l'horlogerie #

Nous remarquerons que les seize degrés parcourus par le Pyrometre pendant que le Thermometre en a parcourus 37: est encore un effet de la pression de la lentille Mais pour le diminuer nous devons mouvoir le levier de compensation afin que l'espace que fait parcourir la verge de cuivre soit plus grand

ayant amenés le centre de mouvement du levier a neuf lignes $\frac{3}{12}$ du point de contact du cuivre j'ai venis le pendule dans la glace pilée (a 3.n 20.m)

car pour 37 degrés parcourus par le Th. le Pyr n'en a parcourus que 16 ½ tandis qu'avec la lentille pesante le Th ayant parcourus 22.d le Pyr en avoit decrit 31: et 15 en deçors du point ou il etoit a p.r c'est a dire 66 degrés

Le 20e Janvier 1761

J'ai fait faire une Lentille qui pese 22 ℔ 1/2 en place de celle de 63 ℔. elle a 8 pcs de Diametre et 2 pcs moins 1 ligne 1/2 de epaisseur

J'ai remis le levier de Compensation au point que nous avons determiné par le calcul fait d'après nos Experiences c'est a dire la distance du centre de Mouvement du levier au point de Contact de la Verge de Cuivre de 11 lignes 4/12 + 312/1956 : ~~avec l'effort de la lentille sur la verge de~~

~~J'ai mis le Pendule dans de la glace pilée~~

L'effort de la lentille sur la Verge de Cuivre n'est plus que de 34 ℔ tandis qu'avec l'ancienne lentille la pression sur cette Verge etoit de 97 ℔. La pression actuelle est une plus petite de 63 ℔.

Nous allons donc esprouver quel changement cela aura fait dans la Compensation

Pour cet effet j'ai mis le Pendule avec la lentille dans 30 ℔. de glace pilée

Layant appliqué sur le Pyr. : avec l'Etuve

Th a 0	Pyr a 0
Th a 8 — ayant mis 2 molles	Pyr a 5 chaud
Th a 12	Pyr a 7 chaud
Th a 15 —	Pyr a 8

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le 18. Janvier 1761

Le Pendule ainsi monté Le Th etoit a La glace degré de Temperature enterieu

Th a 0.	Pyr	a	2. ½ froid
Th a 1.d mis L'Etuve	Pyr	a	2. chaud
Th a 5	Pyr	a	15
Th a 18	Pyr	a	30 chaud

ôté L'Etuve Le Th est descendu a 3 Pyr. est venu a 10 froid

La Lentille a ~~attaché~~ donc Necessairement

La Verge de Cuivre

L'action de la Lentille agit avec 97 ℔ de force sur la Verge de Cuivre c'est cette grande pression qui empeche ~~de~~ La dilatation de cette Verge.

Pour remedier a cet obstacle je fais faire une lentille qui aie 8 pcs de Diametre 2 pcs moins 2 ligne d'epaisseur son poids sera de 21 ℔.

ayant ôté Letuve le Pdl. est revenu a un degré du froid au dessus de la glace le Pyr est venu a 13d du froid — ensuitte a 17 froid le Pyr. est venu a 20 du froid —

En demontant le Pendule pour faire fondre la lentille je me suis apperceu que les verges etoient genées ne pouvant se mouvoir qu'avec beaucoup d'effort ce qui venoit des rainures qui etoient trop juste deffaut tr' essentiel et capable de deranger tout Leffet de la Compensation avant donc de refaire La lentille j'ai arrangé le Pendule le mieux possible et de sorte que les verges se meuvent Librement je l'ai applique de nouveau sur le Pyr. avec sa lentille afin d'estimer exactement L'effet que son poids produit pour deranger La Compensation

435

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Experience faite le 13 Janvier 1761 —
sur le Pendule de mon ancienne ~~Pendule~~ Horloge
Astronomique

L'experience que je fis le 14 Janvier 1760 sur cette
Pendule m'ayant appris que la lentille etoit trop
pesante relativement a la force des verges —
Je me suis determiné a faire une lentille ~~plus~~
beaucoup plus legere et incapable de causer —
d'affaisement J'ai donc demonté le Pendule —
et examiné si la suspension n'a point souffert —
du grand poids de la lentille qui pese 63 ℔ mais —
Je l'ai trouvée en tres bon etat et sans aucune
marque de frottement : ~~avant~~

Avant de fondre la lentille J'ai voulu appliquer —
de nouveau ce Pendule sur le Pyr afin de repeter
encore l'experience de l'affaisement du Pendule
Le froid exterieur ~~etoit~~ a fait descendre le —
Th a ½ degrés au dessous de la glace ~~et~~ Ayant
laissé long tems le Pendule a cette temperature —
l'aiguille du Pyr est venue a 5 d. du froid —
Le Th a 4 Pyr a 10 du chaud —
Le Th a 22 Pyr a 46 chaud —
Le Pyr a donc parcouru 51 degrés et le Th —
22. La lentille empeche donc totalement —
l'effet de la Compensation ~~qui~~

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Experience faite le 17e Octobre 1760 sur la Pendule de l'Observatoire faite par Julien le Roy —

La lentille de cette pendule est suspendue par des Ressorts L'Echappement est a double Levier dont la longueur est le Rayon de la Roue d'Echappement, Le poids Moteur est de 6 lt elle decrit des arcs de 8 d ½ Constant en cet etat elle avance de 14 s en 12 heures

ayant doublé la force Motrice c'est a dire faite marcher avec un poids de 12 lt la Lentille decrit 11 d; et en 12 heures elle a avancé de 5 s.

L'Echappement a double Levier n'a donc point — comme on l'a pretendu la proprieté de rendre les oscillations du Pendule Isochrones puis qu'avec un poids double elle a Retardé de 9 s en 12 heures. C'est a dire a peu pre la même quantité quelle auroit fait si le Pendule se fut mus librement —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suitte des Variations de la Verge de bois

Le matin

Le 11e Oltobre

Le Th a 12 a 1 heure Pyr a 0 d.

Th a 15 Pyr. a 10 froid

Le Th a 12 Pyr a 16 froid

Le 12e Le Tems estoit humide et pluvieux

Le Th a 13 Pyr a 30 chaud.

Le meme jour Le soir

Le Th a 12 — Pyr a 15. froid.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ay remis de nouveau l'Etuve lors que le Pendule etoit humide —

Le Th a	16	Pyr. —	33 chaud
Th a	21	Pyr.	40 chaud
a	27	Pyr a	45 chaud
	30 ———	Pyr a	47
	34	Pyr a	40 chaud
	30	Pyr a	20 chaud

remis 4 motts dans l'Etuve

Th.	33	Pyr.	20
	35	Pyr.	20 chaud
Th a	31	Pyr a	0
Th a	25 ———	Pyr. a	40 froid
Le Th a	20	Pyr a	50 froid

Le 10 8bre le matin le Th etant a 13d ——— Pyr. a 20 froid

J'ay mis 4 motts pour echauffer l'Etuve —

Th a	26	Pyr a	7 froid
a	32	Pyr a	17 froid
a	22	Pyr. a	42 froid
a	16	Pyr. a	50 froid
a	15	Pyr. a	45

Cette Verge a donc varié de lig. $\frac{92}{360}$ degrés c'est a dire que la chaleur ayant fait sortir les parties humides contenues dans le bois le Pendule s'est accourcis par les de lig. $0 \cdot \frac{92}{360}$ ou un peu plus d'un quart de ligne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Th a 22	Pyr : a 41 froid
a 20	Pyr. a 43
a 19 —	Pyr. a 45 fro.

ayant ôté l'Etuve j'ai passé un pinceau mouillé sur le Pendule en très peu de tems le Pyr. est revenu a 38 froid

Th a 18 —	Pyr: a 32 froid
Th a 19	Pyr a 25 froid
Th a 16	Pyr. a 18 froid
Th a 16	Pyr a 4 froid
Th a 16 —	Py.. a 5 chaud.
Th a 16	Pyr a 20 chaud
Th a 16	Pyr. a 25 chaud
Th a 16	Pyr a 30 chaud

Remarque

Lors que j'ai mouillé la verge du Pendule le Pyr etoit a 45 degrés du froid et le Th n'ayant changé que de 2 degrés l'humidité a allongé le Pendule de $\frac{75}{360}$ de ligne Jon Lon voit combien une telle verge est — defectueuse

Th a 16	Pyr. — a 32 chaud

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Experiences faites le 9e 8bre 1760
sur la verge d'une Pendule a Secondes
appartenant a Mr. L'Abbé chappe
de L'academie R. d. Sciences de pari
qui alloit observer en Siberie le passage
de Venus. Il doit se servir de cette
Pendule et d'une autre de L'Observatoire
faite par Julien le Roy.

La Verge de cette pre Pendule est de bois
de cette Pendule est faite a Metz par Bapelet

Je l'ai appliquée sur mon Pyr

Le Th a 15d. Pyr. a 0d.
ayant mis l'Etuve et 4 mottes.

Le Th a	19	Pyr. a	8d chaud.
Th	24	Pyr a	12 chaud
Th	31	Pyr a	18 chaud
Th	33	Pyr a	12 chaud
Th	36	Pyr. a	6 froid
Th.	34	Pyr a	18 froid.
Th	32	Pyr a	20 froid
Th a	30	Pyr a	26 froid
Th a	29	Pyr. a	30 froid.
Th a	24	Pyr. a	39 froid

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2e partie

No 3. Table des Arts des Contenus en ce Livre

page 3 ~~Experience p~~ 4. 5 & 6 Experiences faites avec une Pendule dont la Verge etoit de bois appartenant a M. L'Abbé chappe

page 7 Experience faite avec une Pendule a Seconde de l'Observatoire faite par p. Estimer si l'Echappement a double levier corrige les Inegalités du Moteur

page 9 Jusques a 19 Experiences & corrections faites au Pendule de mon horloge Astronomique d'un An

page 20 Experiences faites avec le meme Pendule sur la grandeur des arcs decrits en hiver & en Eté

page 21. 22 & 23 Experience du Second Pendule a chassis

page 23 24 & 25 Methode pour prendre l'heure du tems moyen & Regler l'horloge

page 27 Jusques a 34 Observations sur les Verges Composées a Levier —

page 35 Experience sur l'effet du frottement du Repos de l'Horloge a Seconde et Equation d'un an

page 36 Experience faite sur le frottement de l'Echappement de l'horloge astronomique d'un an & la Correction

page 42 Suite de la meme Experience Resultats p. les arcs ~~calculés~~ j'ai parlé N. 2267 de l'Essai

page 37 Jusques a 41 & de la page 43 Jusques a celle 56 Traités du Calcul & de la Construction d'un Pendule Composé de trois verges & a Levier

page 57 Dimension du Thermometre que j'employe aux Pendules

page 58 De la Justesse ou j'ai porté mon horloge Astronomique

page 59 Experiences faite avec le Pendule Composé a Levier & de son Exactitude, Jusques a la page 61

page 62. 63 & 64 de la Suspension a Couteau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Note 1

De la Resistance de l'air. extrait de la piece qui a remporté le prix a l'academie de 1747. Memoire de Mr. Daniel Bernouilli

page 32

„ Une autre source de l'variations des arcs decrits par „ le Pendule (dit Mr. Bernoulli) est la differente densité „ de l'air, et tout le reste etant egal les arcs sont „ reciproquement proportionels aux racines cubiques „ des densités de l'air: or la plus grande densité „ de l'air est a la plus petite dans nos climats, „ environ comme 6 est a 5 donc le plus grand „ arc sera au plus petit a cet egard comme „ $\sqrt[3]{6}$ a $\sqrt[3]{5}$ ou comme 1062 a 1000: le plus grand „ arc etant donc de 4d. 20s. le plus petit sera „ a cet egard de 4d. 5s et cette difference vaut „ environ trois quarts de seconde par jour dans „ la marche de la Pendule „

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires