

Titre : De la mesure du temps ou supplément au Traité des horloges marines, et à l'essai sur l'horlogerie ; contenant les principes de construction, d'exécution & d'épreuves des petites horloges à longitude. Et l'application des mêmes principes de construction, et aux montres de poche, ainsi que plusieurs constructions d'horloges astronomiques, etc.

Auteur : Berthoud, Ferdinand

Mots-clés : Longitude \* Ouvrages avant 1800 ; Temps \* Mesure \* Ouvrages avant 1800 ; Horloges et montres \* Ouvrages avant 1800

Description : XVI-275 p. ; in-4°. Signature ( )1 a1 A-B4 C1 a-b4 ALI4 Mm2

Adresse : A Paris : Chez J. G. Mérigot : Didot fils, 1783

Cote de l'exemplaire : 4 Ka 17

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redirect?4KA17>

*H°Ka-17*

**D E L A M E S U R E**  
**D U T E M P S,**



H<sup>o</sup> Ka 17

# DE LA MESURE DU TEMPS,

OU

SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DES HORLOGES MARINES,  
ET A L'ESSAI SUR L'HORLOGERIE;

CONTENANT les principes de construction, d'exécution & d'épreuves  
des petites Horloges à Longitude. Et l'application des mêmes principes  
de construction; &c. aux Montres de poche, ainsi que plusieurs  
constructions d'Horloges Astronomiques, &c.

AVEC FIGURES EN TAILLE-DOUCE.

---

PUBLIÉ PAR ORDRE DU ROI.

---

Par M. FERDINAND BERTHOUD, Horloger Mécanicien du Roi  
& de la Marine, ayant l'inspection de la construction des Horloges Marines,  
Membre de la Société Royale de Londres.



A PARIS,

Chez { J. G. MÉRIGOT le jeune, Libraire, Quai des Augustins.  
DIDOT Fils, = JOMBERT jeune, Libraires, rue Dauphine.

---

M. DCC. LXXXVII.



H<sup>o</sup> Ka 17  
(3<sup>e</sup> ex.)





---

---

## AVANT-PROPOS.

Ayant été chargé d'exécuter plusieurs Horloges à Longitudes pour le service de la Marine de France & pour celle d'Espagne, j'ai cru qu'il étoit nécessaire de joindre à chaque Machine une instruction particulière, qui servît à la conduite de l'Horloge, & qui indiquât les Regles de Calculs & d'Observations propres à trouver les Longitudes en Mer par le moyen des Horloges; à rectifier les Cartes, &c. C'est à remplir cet objet que ce petit Ouvrage est destiné. J'espère même que son usage ne se bornera pas à cette première destination, & que les Capitaines des Vaisseaux Marchands ne tarderont pas à se servir de la méthode des Horloges pour la conduite de leur Vaisseau, convaincus, d'après l'usage qu'on a déjà fait de ces Machines dans la Navigation, de toute l'utilité qu'elles peuvent leur procurer. C'est ce double point de vue qui m'a engagé à publier cet Ouvrage. J'ai fait tous mes efforts pour présenter les détails de cette Méthode de la manière la plus simple & la plus claire, en sorte que les Pilotes les moins versés dans l'Astronomie puissent aisément en faire l'application. Mais si j'ai pu remplir l'objet que je me suis ici proposé, je déclare que c'est particulièrement d'après l'étude des Regles & Calculs que M. de Fleurieu a donné dans l'Ouvrage qui a pour

titre : *Voyage* (a) fait par ordre du Roi en 1768 & 1769, pour l'épreuve des *Horloges Marines*, &c. L'appendice qui termine ce grand & bel Ouvrage, le premier dans lequel on ait traité cet objet, a été mon guide. J'ai aussi fait usage pour la Partie Astronomique, des *Traité*s de Navigation de MM. Bouguer, de la Caille & Bézout, & de l'Astronomie de M. de la Lande.

J'ai terminé cet Ouvrage par un Appendice qui contient, 1<sup>o</sup>, la maniere de faire servir les *Montres de Longitudes* à la détermination des Longitudes à terre; 2<sup>o</sup>, une Instruction sur les procédés qu'un Artiste doit employer pour démonter, nettoyer & remonter une *Horloge Marine*, l'éprouver par diverses températures. Mon but a été d'étendre par-là, autant qu'il est en moi, l'usage des *Horloges* & des *Montres* pour trouver les Longitudes, soit à la Mer ou soit à Terre.

(a) De l'Imprimerie Royale 1774.



DE LA DÉCOUVERTE DES LONGITUDES EN MER,  
PAR LE SECOURS DES HORLOGES MARINES :

L'usage de ces Machines , pour la conduite du Vaisseau  
& la Rectification des Cartes.

*EXTRAIT de l'Introduction de l'Ouvrage , qui a pour titre :  
Voyage fait par ordre du Roi , en 1768 & 1769 , à diffé-  
rentes Parties du Monde pour éprouver en Mer les Horloges  
Marines , inventées par M. FERDINAND BERTHOUD , publié  
par ordre du Roi , par M. d'Eveux de Fleurieu, Enseigne des Vais-  
seaux de Sa Majesté , de l'Académie Royale de Marine , &c. (a)*

**L**A découverte des Longitudes en Mer avoit passé dans l'opinion publi- que pour une recherche chimérique ; & cette prévention paroissoit jus- tifiée par l'inutilité des essais qui avoient été produits en différents temps. On ne faisoit pas attention que l'appât des récompenses ayant été atta- ché à cette importante découverte , plusieurs personnes , incapables d'y réussir , n'avoient pas craint de se présenter dans la carrière : quelques- uns même ne savoient pas ce qu'on demandoit & ce qu'ils cherchoient. Le petit nombre des esprits fermes & éclairés , qui savent résister au torrent de l'opinion , n'en restèrent pas moins persuadés que le problème n'étoit point insoluble ; qu'il suffisoit , pour le résoudre , que quelqu'une des sciences qui pouvoient y conduire parvint à un degré de perfec- tion qu'on n'appercevoit pas encore , mais auquel on osoit espérer de les élever un jour. L'Astronomie ouvrit ses trésors : plusieurs méthodes parurent ; & on attendit pour en faire une heureuse application , que les Mouvements célestes fussent mieux connus , que les Tables astronomi- ques eussent acquis l'exacritude que nous promettoient la multiplicité & le concours des observations. Chaque année ajoute encore à la préci- sion de ces Tables ; & nous devons attendre les plus grands succès des travaux des Géometres , de la constance & du zele des Astronomes ; sur-tout , si l'on peut se défendre de l'esprit de système , tenir aux métho- des & non aux personnes , & s'occuper uniquement , & de bonne foi , de l'utilité publique.

Je n'entreprendrai pas de faire l'énumération des secours que l'Astro- nomie peut fournir aux Navigateurs , pour déterminer les Longitudes en Mer. Ce tableau intéressant a été remis plusieurs fois sous les yeux du Public. On ne sauroit trop inviter les Officiers qui sont chargés de

(a) A Paris , de l'Imprimerie Royale 1773 ; se vend chez Panckoucke.

la conduite des Vaisseaux , à se familiariser avec les Observations astronomiques & les calculs qu'exigent des méthodes qui , même dans leur état actuel , peuvent être très-utiles , au moins pour décider l'atterrage , après un voyage de long cours. Le reproche qu'on pourra peut-être faire à ces méthodes , lors même qu'elles auront acquis toute la perfection dont elles paroissent susceptibles , c'est que , dans la théorie comme dans la pratique , il leur manquera encore cette simplicité qu'exigent des opérations qu'on voudroit ramener , s'il étoit possible , à la portée du commun des Marins ; elles exigeront toujours des yeux exercés à l'observation , & une tête exercée au calcul : elles ne pourront donc pas être maniées indifféremment par tout le monde. Il seroit même fort dangereux , je pense , que le peuple des Navigateurs voulût en faire usage ; les suites de l'erreur qu'ils pourroient commettre , sont d'une trop grande importance : & si l'on n'avoit pas à leur proposer une autre méthode , plus simple que toutes celles qui dépendent absolument de la connoissance & du calcul des Mouvements célestes ; il seroit moins dangereux encore de les laisser s'en tenir toujours aux regles vulgaires , aux tâtonnements du pilotage : car , selon la remarque du célèbre *Cassini* , qui pourroit sans doute s'étendre à beaucoup d'autres matieres , il vaut mieux ignorer où l'on est , & savoir qu'on l'ignore , que de se croire avec confiance où l'on n'est pas.

Il étoit réservé à l'Art de l'Horlogerie , de résoudre le problème des Longitudes d'une manière plus directe , plus simple , plus accommodée aux connoissances bornées du plus grand nombre des Navigateurs. En effet , à quoi se réduit le problème ? Déterminer , à un même instant , l'heure du Vaisseau & l'heure du Méridien de départ , ou de tout autre Méridien convenu : la différence des heures , réduite en partie de l'Equateur (a) , donne la longitude du Navire , rapportée au Méridien qu'on a choisi pour terme de comparaison.

On détermine exactement l'heure du Vaisseau , en observant la hauteur absolue d'un astre , dont on connoît la déclinaison : car , la latitude de l'Observateur étant fixée d'ailleurs , on a un triangle sphérique , dont les trois côtés sont connus ; & pour trouver l'angle horaire , il suffit de faire la somme de quatre logarithmes. Cette opération de calcul est moins difficile , moins longue , que celle que les Pilotes sont obligés de faire , chaque jour , pour déduire de l'estime des routes , le progrès que le Navire a fait en longitude. L'observation est des plus simples ; elle n'exige pas un autre instrument , ni d'autres procédés , que ceux que les Marins connoissent , & dont ils font usage pour observer la hauteur méridienne du Soleil (b).

(a) A raison de 15 degrés pour une heure , de 1 degré pour 4 minutes de temps , &c.

(b) Pour concevoir encore mieux l'avantage de simplicité que cette méthode a sur toutes celles qui dépendent du mouvement de la Lune , il suffit de savoir que , pour faire usage de ces dernières ; il est pareil-

On conçoit donc que le problème seroit résolu dans toute sa rigueur, si l'on parvenoit à se procurer une Horloge, dont la régularité ne fût aucunement altérée par les agitations de la Mer, par les vicissitudes de la température de l'air, ou par toute autre cause dépendante de son propre mécanisme; une Horloge enfin qui indiquât constamment & invariablement, l'heure précise du Méridien de départ, à laquelle on pût comparer l'heure observée du Vaisseau, pour en déduire la différence des Méridiens; mais il ne faut pas se flatter de parvenir jamais à cette extrême précision: on ne l'exige pas; &, en proposant le problème, on s'est restreint dans les limites que la sûreté de la Navigation paroît fixer. On a demandé seulement une Horloge qui n'exposât pas à avoir une erreur de plus d'un demi-degré sur la longitude, après une traversée de six semaines; c'est-à-dire, une Horloge dont la somme des écarts n'excédât pas *deux minutes de temps après quarante-deux jours*: ce qui revient à deux secondes six septièmes par jour. Et, en effet, cette précision suffit pour la sûreté des Navigateurs: une erreur d'un demi-degré n'équivaut qu'à dix lieues sur l'Equateur, à huit deux tiers sur le parallèle de trente degrés, à sept sur celui de 45, à cinq lieues seulement sur le parallèle de 60 degrés.

La simplicité de cette méthode avoit décidé Newton à la placer à la tête de toutes celles qu'on pouvoit proposer aux Marins; & c'est sous ce point de vue qu'il la présenta dans le Comité qui fut tenu à Londres, en 1714, auquel assistoient les hommes les plus célèbres de l'Angleterre. C'est-là qu'on fixa les *limites d'erreur*: c'est d'après la délibération du Comité, que le Parlement publia cet acte solennel, par lequel il invitoit les Savants & les Artistes de toutes les nations à s'occuper du problème des Longitudes. La promesse des plus hautes récompenses venoit à l'appui de cette invitation; on les proportionnoit au mérite des découvertes, au degré de justesse qu'on pouvoit en attendre. Vingt mille livres sterling furent assurées à l'Inventeur d'une méthode quelconque, par laquelle on obtiendrait les Longitudes en Mer, à la précision *du demi-degré après quarante-deux jours*: on proposa des prix moins considérables pour celui qui n'atteindroit qu'au *deux tiers de degré, ou seulement même au degré*. Quelques Souverains, à l'exemple de l'Angleterre, proposèrent aussi des récompenses. Tous ces encouragements eurent l'effet qu'on s'en étoit promis; ils excitèrent les recherches de ceux qui pouvoient prétendre à la découverte; ils préparèrent les derniers efforts, dont il nous étoit réservé de jouir. Mais, en jouissant de ces travaux, nous ne pouvons nous dispenser de reconnoître que ce n'est point aux promesses de la fortune que nous les devons; que c'est à l'amour de

lement nécessaire de trouver l'heure du Vaisseau par l'observation & par le calcul; & qu'en outre il faut se livrer aux observations & aux calculs particuliers, qui sont propres à la méthode qu'on veut employer, & par lesquels on ne parvient qu'après un long travail à connoître le temps d'un Méridien donné, correspondant au temps du Navire.

la gloire qui peut seule éveiller le génie & créer les grandes choses.

Il seroit superflu de rappeler les premières tentatives que l'Art de l'Horlogerie a faites pour résoudre le problème des Longitudes, par le secours de la Mécanique la plus subtile & la plus ingénieuse : les productions de MM. Huyghens, Sully, &c. sont connues de toute l'Europe. Leur vol fut rapide : ils portèrent les recherches fort haut ; mais il est plus aisé, sans comparaison, de s'élever d'abord jusqu'à un certain degré, que de s'élever de ce degré jusqu'à la perfection : le point même où la perfection commence, en ce genre, est encore bien éloigné de celui où la perfection finit. Je me contenterai de reprendre la découverte où elle en étoit restée en France, quand M. Ferdinand Berthoud, commença à s'y livrer, & se l'appropriâ par des recherches & une théorie nouvelles, qui paroissent ne laisser plus à désirer que de voir les *Horloges Marines* de ce célèbre Artiste, assez multipliées, pour que tous les Navigateurs puissent bientôt participer à l'utilité de son travail.

Une étude approfondie des principes de l'Art, une suite d'expériences à l'appui des principes, l'invention des Machines nouvelles, propres à faciliter ou à perfectionner l'exécution ; enfin, la connoissance des obstacles, & la recherche des moyens capables d'en triompher, avoient dès long-temps préparé les derniers travaux, par lesquels M. Berthoud parvint à construire des *Horloges Marines*, dont la régularité est établie sur des principes assez solides pour que l'on puisse, sans crainte, leur confier la conduite & le sort des Vaisseaux. Le premier de ses essais qui soit venu à notre connoissance, est le projet & la description d'une *Machine propre à mesurer le temps en Mer*, qu'il déposa le 20 Novembre 1754, au Secrétariat de l'Académie Royale des Sciences. De nouvelles recherches amenerent de nouvelles tentatives : plusieurs plans de Machines de son invention, plusieurs Mémoires furent déposés à l'Académie, dans les années 1760 & 1761 ; une Machine même, déjà exécutée au commencement de 1761, fut présentée en 1763. Ces dépôts sont des titres authentiques qui établissent incontestablement la primauté de l'Auteur, & ses droits à la découverte ; mais c'étoient des fonds en réserve, dont le Public ne jouissoit pas. Dès le 28 Mai 1761, M. Berthoud remit à la censure son *Essai sur l'Horlogerie* (a), qui ne fut connu qu'au commencement de 1763 ; indifférent sur l'usage anticipé que des concurrents pouvoient faire de ses recherches, & occupé uniquement de hâter les progrès de l'Art, il donna dans son *Essai* une *Théorie particulière des Horloges Marines*, à laquelle il joignit le dessein & les développemens de la première Machine de ce genre qu'il avoit exécutée, & de quelques autres qu'il projettoit ; c'est le premier ouvrage, sur cette matière, qui ait paru en Europe depuis les ouvrages de Sully. Le dé-

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, dans lequel on traite de cet Art, relativement à l'usage civil, à l'Astronomie, à la Navigation, en établissant des principes confirmés par l'expérience, &c. A Paris, chez Jombert, Muisier & Panckoucke, 2 vol. in-4°. 1763.

tail & le succès des expériences, les plans exacts, les moyens nouveaux d'exécution, les procédés de main-d'œuvre, tout fut publié : l'Auteur sembla ne se réserver pour lui-même que le mérite de savoir faire une application plus parfaite des principes qu'il avoit créés. Combien d'Artistes ont pu glaner dans le champ où il a moissonné.

Il étoit temps que M. *Berthoud* essayât sur Mer des Machines qui étoient destinées à y donner les Longitudes. Le Gouvernement s'empressa d'accueillir une découverte si utile à la Navigation : Sa Majesté fit armer au Port de Brest, en 1764, une Corvette, dont elle donna le commandement à M. le Chevalier de *Goimpy*, qui fut chargé de faire l'épreuve d'une Montre Marine de M. *Berthoud*, conjointement avec M. *Duhamel du Monceau*, & M. l'Abbé *Chappe*, l'un & l'autre Membres de l'Académie Royale des Sciences. Cette Montre à Longitude étoit la troisième Machine de ce genre, que l'Auteur avoit déjà exécutée; mais, les deux premières Horloges étant d'un volume plus considérable, il avoit préféré de faire faire l'épreuve de la Montre. M. *Berthoud* ne se pressa pas de publier le succès de la première tentative qu'il avoit faite en Mer : le Public n'en fut instruit que par le compte que M. l'Abbé *Chappe* en rendit à l'Académie des Sciences, dans son assemblée publique du 14 Novembre 1764. On ne peut voir sans étonnement, & sans peine; que ce rapport n'ait point été inféré dans le Recueil des Mémoires que l'Académie publie chaque année, & que, dans son Histoire même, il n'en ait été fait aucune mention. Nous serions privés de cette pièce intéressante; & nécessaire pour ceux qui desirent de suivre la marche & le progrès de la découverte, si M. *Berthoud* ne l'eût fait imprimer à la suite de son nouveau *Traité des Horloges Marines*, d'après une copie collationnée & corrigée de la main même de M. l'Abbé *Chappe* (a). On y voit qu'en s'en tenant aux dernières observations qui furent faites à Brest, pour constater le mouvement journalier de la Montre Marine, cette Machine, après dix-sept jours d'épreuve, avoit une erreur de cinquante-quatre secondes de temps; c'est-à-dire (comme l'a conclu M. l'Abbé *Chappe*), que son écart moyen en vingt-quatre heures, avoit été de trois secondes un dixième, en distribuant également l'erreur sur les dix-sept jours. Cette Montre, continue-t-il, n'avoit pas, à la vérité, le degré de précision qu'on desire pour la découverte des Longitudes; mais il étoit d'autant plus facile de remédier à ces écarts, qu'ils paroissent

(a) Voyez le *Traité des Horloges Marines*, &c. par M. *Ferdinand Berthoud*, de la Société Royale de Londres, Horloger Mécanicien du Roi & de la Marine, &c. A Paris, chez Jean-Baptiste *Musier fils*, 1773, pag. 539. N°. 6. de l'Appendice.

Cet ouvrage qui a été publié par ordre de Sa Majesté, contient la théorie, la construction, la main-d'œuvre des *Horloges Ma-*

*rines*, ainsi que les moyens que l'Artiste doit mettre en usage pour apprécier lui-même, & d'avance, le degré de justesse qu'on peut attendre de ces Machines. C'est la suite des recherches & du travail de M. *Berthoud*, depuis 1754 jusqu'en 1773, rédigée & réunie en un seul corps. Le titre seul annonce assez l'étendue & l'utilité de l'ouvrage.



indépendans du mouvement du Vaisseau ; & qu'on ne pouvoit les attribuer qu'à une partie de frottement que l'Inventeur avoit prévue & corrigée d'avance dans une nouvelle Horloge, dont l'exécution l'occupoit ( dont le plan étoit déjà déposé à l'Académie des Sciences ) ; mais pour laquelle il avoit désiré de faire quelques expériences en Mer, qui pussent l'éclairer sur ce qu'on avoit à craindre des agitations du Navire.

M. *Berthoud* avoit assisté à l'épreuve de sa Montre, & fut son juge le plus sévère : il la retira de l'examen, & se proposa d'y faire un jour les corrections qu'elle paroissoit exiger. Il la livra de nouveau à M. l'Abbé *Chappe*, en 1768 ; & l'on voit dans la relation du voyage de cet Astronome en *Californie* (a), que, du *Havre* à *Cadix*, & dans le reste du voyage, elle annonça toujours la terre avec la plus grande exactitude ; que, par son secours, on eut une détermination très-précise de la Longitude, après une première traversée fort orageuse de *soixante & quinze jours*, & une deuxième de *trente-sept jours*, ainsi qu'il fut constaté aux attéragés sur l'Isle de la *Dominique*, & sur les côtes de la *Vera-Cruz* : elle servit même en cette occasion, à corriger une grande erreur dans les Cartes. M. le Marquis de *Chabert*, Capitaine des Vaisseaux du Roi, des Académies Royales des Sciences & de la Marine, employa cette même Montre, en 1771, dans les opérations qui doivent lui servir pour dresser une nouvelle Carte de la Méditerranée : le résultat de son travail n'est pas encore public.

Les moyens de perfectionner la Montre Marine, dont la première épreuve avoit été faite en 1764, ne furent pas les seuls objets qui occupèrent M. *Berthoud* : il se livra à la composition de nouvelles Horloges, dans lesquelles il substitua le poids au ressort moteur qui animoit les premières. Cette disposition n'étoit pas nouvelle pour lui : dès l'année 1761, il avoit publié dans son *Essai sur l'Horlogerie*, la théorie & les dessins de ce Mécanisme.

Deux années furent employées à de nouvelles recherches, & à méditer sur les moyens qui pouvoient porter les Horloges Marines au degré de perfection, dont elles paroissoient susceptibles : c'est en ne précipitant pas les essais qu'on en assure la réussite. Quand le titre d'*Inventeur* ne peut être contesté ; quand les droits de *Priorité* sont établis & hors d'atteinte ; on n'est pas pressé de faire valoir des prétentions que l'examen du temps ne fauroit affaiblir ; ces délais tournent toujours à l'avantage du Public : les fruits du Génie mûrissent lentement à l'ombre ; tandis que les productions hasardées n'ont qu'une existence éphémère, & périssent sans être parvenues à maturité. Si cependant quelque usurpateur tentoit de s'emparer de la découverte ; les droits de l'Inventeur légitime pourroient-ils être anéantis ? Non ; le temps, un jour, ramene

(a) Voyez le voyage fait en *Californie*, par M. l'Abbé *Chappe*, &c. A Paris, chez G. A. Jombert, 1773, pag. 102.

en triomphe la vérité modeste que les manœuvres de l'envie tenoient éloignée : chacun est remis à sa place. *On voit dans chaque siècle (dit un Écrivain Moderne, célèbre par son esprit & par sa disgrâce), on voit cinq ou six hommes ordinaires tourner autour de la découverte que fait l'homme de génie ; mais elle est entre ses mains plus féconde que dans les mains de tout autre ; il rend ses idées avec plus de force & de netteté ; on reconnoît toujours, à la manière différente dont les hommes tirent parti d'un principe ou d'une découverte, à qui ce principe ou cette découverte appartient.*

L'empressement du Gouvernement à jouir des travaux de M. Berthoud ne tarda pas à mettre les Navigateurs à portée d'en connoître le mérite. Dès l'année 1766, ce célèbre Artiste reçut ordre du Roi d'exécuter deux Horloges Marines, dont Sa Majesté voulut faire les frais, & dont elle se réserva de faire faire les épreuves. Ces deux Horloges sont connues sous les dénominations d'*Horloge N<sup>o</sup>. 6* & *Horloge N<sup>o</sup>. 8*. M. Berthoud fit usage, dans leur construction, des premiers principes qu'il avoit établis dans ses ouvrages ; mais de nouvelles recherches lui fournirent encore de nouveaux moyens pour perfectionner l'application de ces principes.

Un goût naturel pour la Mécanique avoit, depuis quelques temps, dirigé mes études vers la partie de cette science qui a trait à l'Art de l'Horlogerie ; je m'étois même permis de risquer en projet les idées que j'avois eues sur la construction d'une Horloge Marine. Ces foibles essais engagèrent le Ministère à permettre que je m'occupasse particulièrement d'une découverte qui fixoit l'attention de tous les Marins. M. Berthoud voulut bien dès-lors confier la suite de son travail à ma discrétion. Que de richesses furent étalées à mes yeux ? Je ne savois souvent ce que je devois le plus admirer, de l'utilité des inventions, ou du génie de l'Inventeur. Mais plus je sentois le mérite & l'importance de la découverte, plus je desirois qu'une épreuve rigoureuse, tant par sa durée que par sa forme, fixât les opinions sur le degré d'utilité qu'on pouvoit attendre des Horloges Marines pour perfectionner la Navigation. Le Ministère m'avoit laissé espérer que je serois chargé de la conduite de cette épreuve ; & je m'occupai bientôt d'en dresser un plan détaillé qui fut agréé sans restriction & sans augmentation ; mais il importoit de donner aux opérations astronomiques qui devoient constater la régularité des Horloges Marines, une authenticité, une solidité qu'elles ne pouvoient obtenir par des observations isolées : le concours de deux Observateurs étoit indispensable : il falloit se faire des droits à la confiance des Marins & des Savants ; ce n'étoit pas le cas de réclamer leur indulgence. Je demandai donc qu'un des Astronomes de l'Académie Royale des Sciences, voulût bien m'aider de ses lumières, & partager le fardeau de l'entreprise. M. Pingré, Chanoine Régulier de la Congrégation de France, Astronome Géographe de la Marine, fut nommé par Sa Majesté pour faire, conjointement avec moi, toutes les opérations relatives à l'épreuve des Hor-

loges. J'entrai dès-lors avec hardiesse dans la carrière : la défiance de mes forces ne pouvoit plus m'arrêter : j'étois bien assuré que mes observations seroient exactes, quand je les trouverois d'accord avec celles d'un Astronome, dont toute l'Europe connoît l'exaëtitude.

L'instruction du Roi, concernant les opérations relatives à l'épreuve des Horloges Marines, fut dressée conformément au plan que j'en avois présenté (a) : l'usage qu'on a fait, dans une épreuve postérieure à la nôtre, de la plupart des vues que ce plan renfermoit, a dû être pour moi l'approbation la plus flatteuse, & une confirmation bien satisfaisante de la bonté & de la solidité de ces vues. Le Port de *Rochefort* avoit été choisi pour le lieu de notre embarquement ; & l'*Ifis*, Frégate de vingt canons, dont le commandement m'avoit été confié, fut destinée à porter les Horloges. Nous devons commencer nos observations dans les premiers jours de Novembre de l'année 1768 ; partir des côtes de *France* en hiver ; relâcher à *Cadix*, aux *Isles Canaries*, à la côte d'*Afrique*, aux *Isles du Cap-Vert*, à la *Martinique*, à *Saint-Domingue*, &c. nous élever ensuite dans le Nord, jusqu'à la Sonde du *Grand Banc de Terre-Neuve*, pour relâcher une seconde fois aux *Isles Canaries* & à *Cadix* ; afin que les Horloges Marines, transportées dans des climats alternativement froids, chauds & tempérés, éprouvassent toutes les vicissitudes de la température de l'air, en même-temps qu'elles seroient exposées à toute l'agitation de la Mer, pendant la plus rude saison de l'année, soit en partant des côtes de *France* en hiver, soit dans le Nord de l'*Amérique*, ainsi qu'à l'attérage d'*Europe*, quand nous reviendrions à *Rochefort*. Il nous étoit enjoint d'ailleurs de multiplier les observations astronomiques, autant que les circonstances & les lieux pourroient nous le permettre, afin que la fréquence des vérifications prévînt sûrement les compensations d'erreurs qui ne sauroient manquer d'avoir lieu dans un trop long intervalle, & qui seroient attribuer au mouvement de l'Horloge, une précision qu'elle ne devoit pas à sa régularité. La forme de nos opérations étoit prescrite ; les observations devoient être faites séparément par les deux Observateurs : toutes devoient être faites en présence des Officiers embarqués sur la Frégate, & constatées, sur le lieu même qui serviroit d'observatoire, par des Procès-Verbaux signés de tous les Officiers qui y auroient assisté. Je ne puis donner trop d'éloge au zèle avec lequel ces Messieurs ont coopéré à notre travail : cette occupation pouvoit n'être pour eux qu'un devoir pénible & assujettissant ; mais leurs connoissances & leurs talents ont su en faire une tâche agréable : le goût de leur métier, l'amour des choses utiles, & le desir de voir bientôt perfectionner la Navigation, leur rendoient aussi intéressant qu'à nous-mêmes, le succès de la découverte qui nous occupoit.

(a) Indépendamment de cette première instruction, relative à l'épreuve des Horloges Marines, il m'en fut adressée une particulière, par laquelle Sa Majesté s'en remettoit entièrement à moi, sur le choix des Ports où je croirois devoir aborder pour y faire des observations astronomiques, &c. ainsi que sur les époques & la durée de mes relâches.

L'instruction

L'instruction de Sa Majesté ne se bornoit pas uniquement ( comme on a voulu le faire entendre ) à ce qui concernoit l'épreuve des Horloges Marines de *M. Berthoud* ; elle portoit expressément : *d'essayer de concert , M. Pingré & moi , les diverses méthodes qui avoient été proposées jusqu'alors pour la détermination des Longitudes en Mer , & de rendre un compte exact de ce qu'on peut attendre de chaque méthode , & de la supériorité que les unes peuvent avoir sur les autres.* Nous n'aurions pu nous livrer à cette discussion dans toute l'étendue qu'exigeoit son importance , sans que ce travail particulier nuisit aux opérations essentielles & primitives de notre voyage ; nous avons cependant observé , dans quelques occasions , des Hauteurs de la Lune , & des Distances de cette Planete aux Etoiles , qui nous ont servi à déterminer la Longitude du Vaisseau : les unes & les autres ont été prises avec l'Océant de *Hadley* ; elles seront rapportées à la suite des observations , que nous avons faites pour l'épreuve & la vérification des Horloges Marines ; mais si une délicatesse bien fondée , si des considérations particulières nous ont interdit de prononcer un jugement sur les différentes méthodes qui ont été proposées ; si nous croyons devoir réserver pour nous seuls ce qu'il nous est permis d'en penser ; plusieurs raisons , absolument indifférentes pour le Public , justifient cette discrétion qui ne peut donner à personne le droit d'interpréter notre silence , & de nous prêter une opinion. Occupons-nous de perfectionner toutes les méthodes , sans donner l'exclusion à aucune. Peut-on jamais trop multiplier les recherches qui tendent à la conservation des hommes ? Le temps assignera à chacune le rang qu'elle doit tenir ; mais quel que puisse être leur succès ; faudra-t-il , pour les défendre , pour les soutenir dans leur chûte , s'armer des traits envenimés de l'envie , cabaler fourdement dans les ténèbres , s'avilir soi-même par des manœuvres qui dégradent l'homme , deshonnorent le Savant , & font en horreur au bon citoyen (a).

Nous avons fait tous nos efforts pour remplir les intentions de Sa Majesté , & ce que nous devons au Public : nous avons tâché de rendre l'épreuve des Horloges Marines de *M. Berthoud* , aussi authentique , aussi rigoureuse qu'elle pouvoit & qu'elle devoit l'être. Les deux Horloges n'ont jamais été déplacées pendant la durée du voyage : elles étoient fermées chacune , sous trois clefs différentes : *M. Pingré* avoit une de ces clefs ; j'avois la seconde ; & la troisième fut remise aux Officiers qui se la confignoient l'un à l'autre , en se rendant le *Quart* ou la *Garde* de la *Frégate* : le concours des trois témoins étoit donc nécessaire pour que l'armoire des

(a) On a vu chez une Nation la rivale de la nôtre dans les Sciences & les Arts , comme dans la politique & le commerce , on a vu ce que peuvent la soif de dominer & la prétention de faire valoir une découverte à l'exclusion de toute autre ; on a vu un Astronome , un Savant , attaquer avec un acharnement cruel , & décrier par toutes sortes de voies , les productions ingénieuses d'un Artiste célèbre , que son grand âge , consumé dans des travaux utiles , un talent distingué , & des succès répétés avoient rendu respectable & cher à sa Nation : ce n'est qu'avec des peines infinies , & après une longue attente , que le mérite est enfin parvenu à triompher des efforts de l'envie.

B

Horloges pût être ouverte, & que l'on pût ; ou les remonter ; ou seulement observer le *temps*, ou l'heure qu'elles marquoient : cette heure étoit écrite par l'Officier de Quart qui assistoit à l'opération, comme observateur & comme témoin, & signoit, à l'instant, ainsi que M. *Pingré* & moi, au Procès-Verbal qui en étoit dressé. On trouvera dans le *Procès-Verbal général de l'épreuve*, le détail des précautions, que nous avons prises dans tous les cas, pour assurer invariablement l'authenticité de toutes les opérations relatives aux Horloges Marines. Quant à la rigueur de l'Épreuve; sa durée a excédé celle d'une année : elle a commencé le 10 de Novembre 1768, & fini le 21 du même mois de l'année suivante : plusieurs coups de vent essuyés dans le cours de la campagne ; des roulis presque continus, dont l'étendue passoit quelquefois quarante-cinq degrés (a) ; toutes les vicissitudes de la température de l'air, depuis le terme de la congélation, jusqu'au vingt-cinquième degré de chaleur du thermometre de *Reaumur* (b) ; l'humidité pénétrante des brumes du *Grand-Banc de Terre-Neuve*, à travers lesquelles on a navigué pendant plusieurs jours consécutifs ; enfin toutes les causes physiques qui peuvent contribuer à altérer la justesse des Horloges Marines, se sont combinées & réunies, dans le cours d'une année, pour éprouver la régularité de ces Machines. Quatorze vérifications, faites dans différents Ports, ont prévenu les compensations d'erreurs, & nous ont fourni les moyens d'apprécier très-exactement la régularité absolue de chaque Horloge, pendant chaque période particulière.

Toutes les fois que le local & les circonstances ont pu nous le permettre, nous avons employé les hauteurs correspondantes du Soleil, prises séparément par M. *Pingré* & par moi, pour connoître le rapport du *Temps* de chaque Horloge Marine au *Temps Moyen* du Port, dans lequel nous observions : d'autres fois, nous nous sommes contentés des hauteurs absolues du Soleil, prises avec l'Octant de *Hadley* ; & l'on pourra juger par l'accord de plusieurs observations faites à différents jours, dans un même Port, que cette dernière méthode est d'une exactitude suffisante pour l'usage ordinaire de la Navigation ; & que, dans aucun cas, les Marins n'auront besoin de recourir à un autre instrument qu'à l'Octant, soit pour déterminer avec précision le mouvement d'une Horloge Marine dans un Port, soit pour toutes les observations qu'ils voudroient faire à la Mer.

Le détail des diverses opérations relatives à l'épreuve des Horloges, formera la partie de cet Ouvrage, comprise sous le titre de *Journal des Horloges Marines*.

En rendant un compte particulier de chacune des quatorze *vérifications*,

(a) *L'Isis* étoit peut-être le Bâtiment le plus propre à éprouver l'effet de l'agitation du Vaisseau sur des Horloges Marines, tant par sa petitesse, que par la vivacité & l'extension de ses mouvements de roulis & de tangage.

(b) Le thermometre qui étoit renfermé

dans la caisse d'une des Horloges, n'a monté qu'à vingt-cinq degrés ; mais celui qu'on exposoit au Nord, à l'air libre, y montoit beaucoup plus haut, ainsi qu'on doit l'attendre de l'effet de la chaleur qu'on éprouve, pendant le mois de Juin, dans un des Ports de l'Île de *Saint-Domingue*.

qui ont été faites dans le cours de l'Épreuve , j'examinerai la régularité des Horloges , sous différents points de vue.

1°. Je chercherai quelle a été la régularité *absolue* de chaque Horloge , dans l'intervalle d'une vérification à la suivante ; c'est-à-dire , quelle erreur on avoit à craindre , à la fin de chaque traversée , en venant attérir , sur la foi de ces Machines , à la hauteur d'un Port , dont la Longitude avoit été fixée antérieurement par des observations astronomiques. Cet examen se présente sous deux faces qu'il est nécessaire de distinguer , & qu'il seroit dangereux de confondre , comme on l'a fait quelquefois. On doit d'abord examiner le changement qui est survenu depuis la dernière vérification , dans le mouvement journalier de l'Horloge comparé au moyen Mouvement du Soleil ; mais on courroit risque d'en tirer une conséquence fautive , si l'on vouloit se contenter de ce premier examen pour apprécier la régularité *absolue* de l'Horloge ; car il seroit possible que le rapport de son Mouvement au moyen Mouvement du Soleil fût le même au commencement & à la fin d'une période , quoique , dans l'intervalle , il eût éprouvé des variations , des écarts dont la somme , s'ils étoient tous dans le même sens , vu la différence , s'ils étoient en sens contraire , pourroient produire une erreur considérable sur la Longitude que l'Horloge indiqueroit à la fin de la période : il est donc nécessaire de rapporter la régularité *absolue* des Horloges à un point fixe , comme à la Longitude du Port où l'on observe , quand cette Longitude , & celle du Port de départ , sont déterminées par des observations astronomiques : on compare la différence des Méridiens que l'Horloge assigne entre les deux Ports , à celle qui a déjà été fixée par les observations : & si les deux Longitudes ne sont pas d'accord ; la quantité dont elles diffèrent est réputée l'erreur de l'Horloge. Il faut prendre garde cependant que , par cette méthode , on s'expose à attribuer à l'Horloge plus de justesse qu'elle n'en a eu effectivement , ou à lui imputer une erreur qui n'est pas la sienne , dans le cas où la différence des Méridiens , fixée par les observations astronomiques , ne seroit pas parfaitement exacte , ce qui peut arriver : mais quand l'erreur qui doit résulter du changement survenu dans le mouvement journalier de l'Horloge ( s'il s'en est manifesté un ) , se trouve d'accord avec celle qui est indiquée par la différence observée entre la Longitude donnée par l'Horloge & la vraie Longitude du lieu ; alors on est bien fondé à croire que l'on connoît la véritable erreur de l'Horloge.

On verra que , sous ce premier point de vue , l'erreur de l'Horloge N°. 8 n'a été que d'un trentième de degré , à l'Isle d'Aix , après 15 jours ; d'un quart de degré , à Cadix , après 45 jours ; d'un trentième , à Sainte-Croix de Ténériffe , après 23 jours ; d'un septième , à Gorée , après 34 jours ; d'un cinquième , à la Praya ( dans l'Isle de Sant-Yago ) , après 40 jours ; d'un quinzième , à Saint-Pierre de la Martinique , après 19 jours ; d'un dixième , au Fort-Royal , après 23 jours ; d'un soixantième , au Cap-François de Saint-Domingue , après 16 jours ; d'un sixième , à Angra ( dans l'Isle de Tercere ) ,

B ij

après 45 jours ; d'un quinzième, à *Sainte-Croix de Ténériffe* ( au retour ) après 18 jours ; d'un huitième, à *Cadix*, après 44 jours ; d'un dixième, à l'Île d'*Aix*, après 22 jours. Je me contenterai de faire remarquer que, si les déterminations de cette Horloge eussent été affectées d'un demi-degré d'erreur après 42 jours, elle eût encore donné les Longitudes avec une précision égale à celle qu'on a cru devoir fixer pour la plus grande récompense qui ait été promise ; cette remarque suffira sans doute pour faire sentir combien l'Horloge N<sup>o</sup>. 8. de M. *Berthoud* a été supérieure à tout ce qu'on croyoit pouvoir jamais espérer d'une méthode quelconque propre à déterminer les Longitudes en Mer.

L'exactitude de l'Horloge N<sup>o</sup>. 6. a rarement cédé à celle du N<sup>o</sup>. 8, pendant les six premiers mois de l'Épreuve ; mais, dans les derniers, elle s'est écartée de sa première justesse : son erreur a été de près d'un quart de degré, au *Fort-Royal*, après 23 jours ; & d'un cinquième, après 16 jours, au *Cap-François* : elle a été de cinq sixièmes de degrés, à *Cadix*, après 44 jours. Mais la supériorité de l'Horloge N<sup>o</sup>. 8 sur le N<sup>o</sup>. 6, n'est point un effet du hasard ; elle avoit été prévue & annoncée par M. *Berthoud*, dans une déclaration par écrit qu'il adressa au Secrétaire d'Etat, ayant le Département de la Marine, quelque temps avant que l'Épreuve de ses Horloges eût été commencée (a).

2<sup>o</sup>, Après avoir déterminé l'erreur absolue de chaque Horloge à la fin des traversées, je chercherai à quelle précision chacune auroit donné la Longitude des différents Ports, en employant, pour l'intervalle écoulé entre deux vérifications, un Mouvement journalier *Moyen* entre celui que l'Horloge avoit eu au commencement de la période, & celui qu'elle avoit à la fin ; telle est la méthode dont on doit faire usage pour fixer la position des Ports où l'on a abordé, des Caps en vue desquels on a navigué, & rectifier ainsi les Cartes hydrographiques par le secours des Horloges Marines. L'exactitude des Horloges de M. *Berthoud* a été encore plus merveilleuse sous ce second point de vue ; parce que les Mouvements *Moyens*, que nous avons employés ici, ont corrigé les petites erreurs qui dépendoient du changement progressif que le mouvement journalier avoit éprouvé dans l'intervalle d'une vérification à la suivante.

3<sup>o</sup>, Nous nous sommes ménagé un troisième moyen de vérifier l'exactitude des Horloges ; & il importe de se le procurer quand il s'agit d'une Épreuve : ce moyen est le plus sûr, le seul peut-être qui le soit sans restriction, en ce qu'il est indépendant de la Longitude absolue de chaque Port, à laquelle on voudroit comparer celle des Horloges, & qui peut quelquefois, comme on le fait, n'être pas exacte, quoiqu'elle ait été déterminée par des observations astronomiques. Il faut vérifier l'état de l'Horloge deux fois dans un même Port, à deux époques un peu éloignées :

(a) On trouvera l'Extrait de cette déclaration, dans la première Partie de cet ouvrage, pag. 3.

c'est ce que nous avons pratiqué en relâchant de nouveau dans les Ports où avoient été faites nos premières observations. Ainsi, nous avons examiné si chaque Horloge donnoit exactement la même différence de Méridien entre le *Cap François & Sainte-Croix de Ténériffe*, au retour, qu'elles nous avoient donnée, en allant, entre *Sainte-Croix & le Cap-François*; la même différence entre le *Cap & Cadix*, qu'elles avoient donnée d'abord entre *Cadix & le Cap*; la même entre le *Cap & l'Isle d'Aix*, qu'entre l'Isle d'*Aix & le Cap*. Sous ce troisième point de vue, & en employant les Mouvements journaliers *absolus*, c'est-à-dire, tels qu'ils avoient été constatés à chacune des vérifications intermédiaires, l'erreur de l'Horloge N<sup>o</sup>. 8. n'étoit que d'un peu plus de *deux tiers* de degré, après 144 jours; d'un peu moins de *deux tiers* après 214 jours; de *trois quarts* de degré après 287 jours. L'erreur de l'Horloge N<sup>o</sup>. 6, après les mêmes intervalles, étoit de *deux tiers* de degré; d'un peu plus d'un degré un tiers; de un degré deux tiers. Mais, en employant les Mouvements *Moyens*, ainsi qu'on doit le faire dans l'usage de la Navigation, quand il s'agit de fixer la position des Ports, l'erreur du N<sup>o</sup>. 8. se réduit à un vingtième de degré, après 144 jours; à un douzième, après 214 jours; à un huitième, après 287 jours. L'erreur du N<sup>o</sup>. 6, après les mêmes intervalles, se réduit à un soixantième de degré ( mais par l'effet de quelque compensation ); à un tiers; à un quart de degré.

4<sup>o</sup>. A notre retour dans la rade de l'Isle d'*Aix*, nous fîmes une expérience d'un nouveau genre, & que nous avons cru devoir réserver pour la dernière opération: je l'avois proposée dans le projet que je donnai pour l'Épreuve; & elle faisoit partie de l'instruction de Sa Majesté. Les Horloges Marines étant destinées à être portées sur des Vaisseaux de Guerre, il m'avoit paru nécessaire d'éprouver si l'ébranlement que produit dans toutes les parties d'un Navire le jeu de son artillerie, pouvoit occasionner quelque altération sensible dans le mouvement où dans le mécanisme d'une Horloge. Pour nous en assurer, nous fîmes faire cinq décharges consécutives de toute l'artillerie de la Frégate: les canons des deux bords tiroient à la fois: ces explosions *simultanées* produisirent des secousses très-violentes, & si fortes que des ferrures de l'armoire qui renfermoit les deux Horloges en furent arrachées. Nous avons comparé l'heure de nos Horloges, avant & après cette épreuve, à l'heure d'une Horloge astronomique qui étoit établie à terre; & nous connoissions d'ailleurs le rapport du mouvement de celle-ci au mouvement de chacune des deux autres: les comparaisons nous firent connoître que l'effet de l'artillerie n'avoit produit aucun dérangement, ni dans le mécanisme, ni même dans le mouvement des Horloges Marines.

Depuis l'épreuve que nous avons faite de ces Horloges, le N<sup>o</sup>. 8 a été embarqué par ordre du Roi, sur la Frégate la Flore, commandée par M. de Verdun de la Crenne. Cette Frégate fut accordée par Sa Majesté à l'Académie Royale des Sciences, pour y faire éprouver, en 1771 & 1772,



les Horloges, les Instruments, & les Méthodes propres à déterminer les Longitudes en Mer, que les Savants & les Artistes voudroient mettre au concours pour le prix de 1773. M. le Chevalier de Borda & M. Pingré avoient été choisis pour faire cette épreuve, conjointement avec M. de Verdun, pour examiner les différentes méthodes & les divers instruments, suivre la marche des Horloges, & apprécier leur régularité. Sa Majesté les avoit pareillement chargés d'un nouvel examen de l'Horloge N<sup>o</sup>. 8 de M. Berthoud : cet examen, ainsi que le Ministre s'en est expliqué clairement (a), n'étoit point une nouvelle épreuve; la première ayant été faite dans route son étendue par M. Pingré & par moi, & ayant constaté authentiquement la régularité des Horloges de M. Berthoud, & qu'elles avoient atteint au but proposé : on profitoit seulement de l'occasion d'une épreuve générale pour constater la suite de cette régularité. L'Horloge N<sup>o</sup>. 8 avoit été remise à M. Berthoud, après l'épreuve de 1769 : & si l'on veut examiner les résultats généraux qui ont déjà été publiés des vérifications faites dans le second voyage; on reconnoîtra que les petites corrections auxquelles la première épreuve & de nouvelles recherches avoient donné lieu, rendirent cette Horloge supérieure à elle-même. Je ne prétends point devancer le jugement que pourront en porter les Savants Académiciens auxquels Sa Majesté l'avoit confiée, ni faire un examen de comparaison qu'ils n'ont pas cru devoir mettre sous les yeux du Public; mais, d'après le rapport qui fut lu par M. Pingré, à la rentrée publique de l'Académie, le 21 Avril 1773 (b), concernant les différentes Horloges embarquées sur la Frégate la Flore, tous ceux qui s'intéressent véritablement à ce qui pouvoit nous éclairer sur le succès de la découverte, doivent regretter que M. Berthoud n'eût embarqué son Horloge N<sup>o</sup>. 8 que pour se conformer aux intentions de Sa Majesté, à qui cette Machine appartient; & que des raisons particulières qu'il s'est réservées, l'ayent toujours détourné de concourir pour les prix qui ont été proposés sur ce sujet, en différents temps, par l'Académie Royale des Sciences : si cette Horloge eût été mise au concours; on n'eût pas pu se borner à dire simplement qu'elle a paru mériter beaucoup d'éloges par la régularité de sa marche : il eût fallu la mettre en comparaison avec d'autres Machines de cette espèce, & apprécier les unes & les autres à la rigueur. Le Public pourra porter un jugement définitif sur la régularité de l'Horloge N<sup>o</sup>. 8, dans le cours du second voyage, lorsque le Journal de MM. de Verdun, de Borda & Pingré, attendu avec tant d'empressement, aura exposé la suite de toutes les observations qu'ils ont faites

(a) Voyez (à la suite du *Traité des Horloges Marines* de M. Berthoud, pag. 561, N<sup>o</sup>. 9 de l'*Appendice*), l'extrait de la lettre de M. de Boynes, Secrétaire d'Etat au Département de la Marine, concernant l'Horloge N<sup>o</sup>. 8 de M. Berthoud, embarquée sur

la Flore.

(b) Ce rapport a été imprimé dans le Journal qui a pour titre : *Observations sur la Physique, sur l'Histoire naturelle & sur les Arts, &c.* Tome II. Juillet 1773, pag. 1 & suiv.

relativement à l'épreuve des Horloges Marines, & à leur utilité dans la Navigation. Quelle perfection l'usage de cette découverte ne doit-il pas avoir acquis en passant par des mains si habiles! Pour moi, content d'avoir arraché quelques ronces dans un vaste champ que je trouvai en friche, & qu'une culture éclairée peut rendre si fertile, je verrai sans envie les fruits précieux que des travaux bien dirigés lui auront fait rapporter; je partagerai sincèrement la reconnaissance de tous les Navigateurs.

L'Horloge N<sup>o</sup>. 6 de M. *Berthoud* avoit été remise, en 1770, à M. l'Abbé de *Rochon*, Astronome de la Marine, de l'Académie Royale des Sciences, pour lui servir à déterminer les Longitudes dans le voyage qu'il alloit faire aux Indes orientales: le résultat des observations de cet Astronome n'est pas encore public; mais on peut d'avance se former une idée de la régularité de l'Horloge pendant cette campagne, d'après le témoignage que M. l'Abbé de *Rochon* en a rendu dans une lettre qu'il écrivoit à M. *Berthoud*, de l'Île de France, le 27 Novembre 1771 (a). « J'ai vu, » dit-il, avec une vraie satisfaction, que la marche de cette Horloge » (N<sup>o</sup>. 6), est infiniment plus régulière que je ne pouvois l'imaginer: & » quelque prévenu que je fusse sur sa perfection; je puis certifier qu'elle » est encore beaucoup au-dessus de l'idée que je m'en étois formée ».

L'épreuve que M. *Pingré* & moi avons faite, en 1768 & 1769, des Horloges Nos. 6 & 8, avoit paru bien suffisante pour apprécier en dernier ressort l'exactitude de ces Machines, & constater, d'après notre expérience, l'utilité que la Navigation pourroit en retirer: leur précision avoit été supérieure de beaucoup à ce que l'Inventeur avoit promis, supérieure à tout ce qu'on avoit osé espérer. Dès l'année 1770, Sa Majesté voulut attacher M. *Berthoud* à son service, en lui accordant un brevet & des appointements, avec la qualité d'*Horloger-Mécanicien du Roi & de la Marine*, &c. Cette récompense flatteuse étoit un nouvel engagement pour lui de travailler à pousser plus loin, s'il étoit possible, les recherches utiles qui la lui avoient méritée: fidèle à cet engagement, & à ce qu'il devoit à ses succès, il s'est efforcé d'ajouter encore à la perfection de ses premières Machines: il est actuellement occupé de l'exécution de douze nouvelles Horloges Marines pour le compte du Roi; & Sa Majesté Catholique, empressée de faire participer ses Peuples à l'utilité d'une découverte si long temps attendue, a demandé aussi à M. *Berthoud* huit Horloges pour le service de ses Vaisseaux. Puissé bientôt l'Europe entière jouir d'une découverte précieuse à l'humanité! Puissé l'Artiste zélé & infatigable, au génie duquel nous la devons, compter un jour plus d'heureux imitateurs qu'il n'a pu compter de rivaux.

Je me suis occupé dans mon Journal des Horloges Marines, de prouver par des raisons & par des faits, la régularité de ces Machi-

(a) Cette lettre a été imprimée en entier à la suite du *Traité des Horloges Marines* de M. *Berthoud*, pag. 565, première suite du N<sup>o</sup>. 11 de l'Appendice.

nes sous les différents points de vue relatifs à une *Epreuve* : je dois ; à présent, exposer tous les secours qu'on peut tirer des Horloges, soit pour diriger avec sûreté la route des Vaisseaux, soit pour rectifier la description du Globe terrestre. Les remarques particulières que j'ai été à portée de faire, dans le cours de mon voyage, concernant ces divers objets, seront rapportées en détail dans la partie de mon Ouvrage qui est comprise sous le titre de *Journal de la Navigation*.

C'est particulièrement pour nos jeunes Officiers que mon Journal de Navigation a été entrepris : quelque minutieuses, quelque rebutantes que fussent les recherches sans nombre auxquelles je me suis livré ; j'ai été soutenu jusqu'au terme par l'espérance que mon travail pouvoit être pour eux de quelque utilité. Je n'ai pas craint de m'appesantir sur les détails. En rendant compte de la première application d'une découverte qui mérite toute l'attention des Marins, j'ai dû insister sur les succès & multiplier les preuves qui pouvoient inspirer la confiance : ce qui seroit superflu dans une autre circonstance, devenoit ici nécessaire. On verra de quelle utilité les Horloges Marines m'ont été, dans le cours de ma Navigation, pour déterminer les progrès que le Navire faisoit dans le sens de la Longitude ; pour apprécier l'effet des courants & connoître leur direction ; pour décider enfin l'attérage, lorsque je voulois aborder à un Port dont la position étoit déjà fixée par des observations astronomiques.

L'utilité qu'on peut retirer des Horloges Marines, ne se borne pas à diriger avec sûreté la route des Vaisseaux : on les employera avec le même avantage à perfectionner la Géographie. La description du Globe terrestre est encore bien imparfaite, bien confuse, & si on peut le dire, fort peu ressemblante. Le premier emploi que l'on doit faire des Horloges Marines est, sans doute, de fixer les Longitudes des Ports les plus fréquentés. Que serviroit, en effet, au Navigateur de connoître chaque jour à quel point de la Mer son Vaisseau est parvenu, si la position du point auquel il veut aborder n'est pas exactement déterminée ? On sentira la nécessité de ce premier travail, si l'on veut compter, par exemple, combien d'Isles, éparées dans cette vaste Mer qui a l'*A-mérique* à l'Orient, furent découvertes anciennement, sans qu'il ait été possible de les retrouver dans la suite, par l'incertitude où l'on est resté sur leur vraie position ; combien d'autres ont été prises pour des Isles nouvellement trouvées, parce qu'on les a rencontrées à des places où l'on ne supposoit pas qu'elles fussent. Eût-on jamais un besoin plus pressant de s'occuper des moyens qui peuvent concourir à perfectionner la Géographie ? Aujourd'hui que l'esprit des grandes découvertes vient de réveiller toutes les Nations : aujourd'hui que toutes à l'envi paroissent se disputer la gloire de pénétrer jusqu'aux extrémités de ces Zones malheureuses, que la nature sembloit avoir voulu séparer à jamais du reste du Globe par des glaces peut-être aussi anciennes que le monde.

Mais

Mais sans parler des terres nouvelles qu'on peut encore découvrir, & dont il importe de fixer la situation; les côtes les plus fréquentées n'ont-elles pas besoin, du moins dans certaines parties, que leurs positions soient rectifiées? Peut-on attendre qu'elles le seront par les Astronomes? Le nombre n'en est pas considérable en Europe: leurs travaux exigent un appareil d'instruments embarrassants & peu portatifs: & dans le nombre des Savants qui cultivent l'Astronomie, en trouvera-t-on toujours qui pourront se résoudre à abandonner les opérations paisibles du Cabinet & de l'Observatoire, pour aller affronter les fatigues & les dangers, sur un élément pour lequel ils ne s'étoient pas destinés? C'est donc aux Navigateurs à suppléer les Astronomes; c'est à eux seuls, c'est à ceux qui se sont voués au métier de la Mer, qu'il appartient de fixer les limites de l'Océan, de déterminer l'étendue & le gissement des continents, de placer les Isles, de dessiner le Globe.

Cette entreprise n'exigera plus, de la part du Gouvernement, des dépenses extraordinaires: chaque voyage peut désormais fournir de nouvelles lumières pour perfectionner la Géographie, sans que les opérations qu'exige ce travail particulier, nuisent à l'objet primitif de l'expédition. Il importe sur-tout de déterminer d'abord les positions des points les plus remarquables, tels que les Ports, les Caps, les Montagnes qui servent de reconnaissance, les Isles, les Dangers. Il résultera de ces premières déterminations, que plusieurs points de la terre prendront enfin des places qu'ils ne pourront plus perdre, & auxquelles les points intermédiaires viendront s'affluer, quand on aura pu se livrer aux observations de détail. L'Océan de *Hadley* & les Horloges Marines suffiront seuls pour ce travail. Il est même des circonstances où les déterminations de Longitude qu'on obtiendra par le secours des Horloges, doivent être préférées à toutes celles qu'on pourroit déduire des observations d'éclipses, que l'Astronomie a coutume d'employer à terre à ces sortes de recherches: & c'est le cas, par exemple, où pour lever le plan d'une côte, qui se prolonge dans le sens de la latitude, il s'agit de déterminer les différences de Méridiens entre des points qui diffèrent très-peu l'un par rapport à l'autre: car on fait que les méthodes astronomiques, si ingénieuses, si admirables pour les grandes distances, deviennent pour les petites, presque entièrement & quelquefois totalement inutiles; parce qu'il peut arriver que l'erreur des observations excède la distance mutuelle des Méridiens dont on veut connoître la différence. On aura cette détermination très-exactement par le secours d'une Horloge Marine; si, aux deux points dont on veut trouver la différence en longitude, on a constaté le rapport du *Temps* de l'Horloge Marine au *Temps Moyen*, & le rapport de son Mouvement au moyen Mouvement du Soleil: car l'intervalle entre les deux vérifications n'étant que de quelques jours, les erreurs qui peuvent provenir des petites inéga-

lités du mouvement de l'Horloge, dans un si court intervalle, deviendront absolument insensibles (a).

J'ai eu des occasions bien fréquentes, dans le cours de mon voyage, d'éprouver de quelle utilité les Horloges Marines peuvent être pour perfectionner en peu de temps la description du Globe : par leur secours, j'ai rectifié, dans un voyage de quelques mois, les positions de la plus grande partie des côtes & des Isles de l'Océan Occidental : ce sont les premiers fruits qu'on aura recueillis d'une découverte si fertile ; & on ne sauroit trop inviter les Marins à les multiplier.

(a) M. Berihoud s'est occupé de l'exécution d'une espèce de grosse Montre à ressort, qu'on peut appeler *Montre à Longitudes*, dont la construction est telle que les mouvements d'une voiture ne peuvent altérer sa régularité, ainsi que lui-même l'a déjà éprouvé. Cette Montre sera fort utile pour perfectionner la Géographie intérieure, par la facilité qu'elle procurera de pouvoir déterminer la différence des Méridiens entre deux Villes peu distantes l'une de l'autre ; ce qu'on ne pouvoit faire avec exactitude, qu'en employant une base & des triangles : & on fait combien les opérations Géodésiques sont pénibles, & quelle suite d'instruments elles exigent. La même Montre pourra être employée aussi utilement pour lever le plan d'une côte, & déterminer, de proche en proche, les différences de Méridiens.



---

# INTRODUCTION

*Au Supplément du TRAITÉ DES HORLOGES MARINES,  
& de l'ESSAI SUR L'HORLOGERIE.*

QUOI QUE les Horloges à Longitudes dont j'ai publié la théorie, les principes de construction, & ceux d'exécution dans *le Traité des Horloges Marines*, ayent eu assez de succès; j'ai cependant été obligé de faire de nouvelles recherches, parce que ces machines étant à poids, & d'un volume trop considérable, il est arrivé pendant le transport de ces machines par terre, tant d'accidents que je me suis vu forcé de construire de nouvelles Horloges à ressort que j'ai réduites au plus petit volume. C'est le travail que je présente aujourd'hui aux Artistes, & aux Amateurs des machines servant à la Mesure du Temps. \*

Il y a actuellement trente-trois ans passés que je m'occupe sans relâche du travail des Horloges à Longitudes; pendant ce tems, j'ai construit & exécuté quarante - cinq, tant Horloges, que Montres à Longitudes.

Dans la composition d'un aussi grand nombre de machines, dont au moins vingt sont de différente construc-

\* En travaillant à la composition de ces Horloges à ressort, je n'ai pas abandonné celles à poids, je me suis occupé d'en réduire le volume: on trouvera dans ce Supplément, la description de deux Horloges à poids: je viens de construire, & d'exécuter moi-même, en 1787, une petite Horloge à Longitude à poids, pour S. A. R. le Prince des Asturies; ce Supplément étoit si avancé, que je n'ai pu y joindre, ni le plan, ni la description de cette machine.

tion, j'ai sur-tout cherché à connoître par des épreuves sûres, celles de ces Horloges ou Montres, qui pouvoient être adoptées pour remplir les besoins des navigateurs; & je me suis également appliqué à les construire, de sorte que l'exécution en soit facile, que les Horloges à Longitudes puissent devenir d'un usage général dans la Marine, & que leur justesse soit due à la solidité des principes sur lesquels leur construction est établie, plus encore qu'à l'extrême adresse de l'Artiste qui entreprendra de les exécuter.

Les Horloges à ressort n<sup>os</sup> XXIV & XXV, dont je donnerai la description dans les Chapitres VI & VII, rempliront à ce que j'espère les vues que je me suis proposées; & je les considère comme de vrais *Régulateurs*; mais comme ces machines doivent toujours rester à bord du vaisseau, j'indique les petites Horloges aussi à ressort, n<sup>o</sup> I; XXVII & XXXVI, décrites dans les Chapitres X & XI, pour accompagner les premières & pour servir comme de Montres portatives à tous les usages des observateurs, parce que ces machines peuvent être transportées à terre ou dans une chaloupe, &c.

La justesse des Horloges & des Montres à Longitudes, est particulièrement fondée : 1<sup>o</sup>. sur la grande puissance du régulateur, & la réduction de ses frottements (*a*) : 2<sup>o</sup>. sur l'isochronisme des vibrations du balancier, obtenu par le spiral (*b*) : 3<sup>o</sup>. sur la nature de l'échappement à vibrations libres (*c*) : 4<sup>o</sup>. enfin sur l'exacte correction des effets du

(a) *Traité des Horloges Marines*, no 23 : 126 : 561. *Essai sur l'Horlogerie*, n<sup>o</sup> 1894.

(b) *Traité des Horloges Marines*, n<sup>o</sup>. 141, &c. 152 : 154, &c.

(c) *Idem*. no 231 : 968 : 977 — 988 : 1002.

## I N T R O D U C T I O N .

iij

chaud & du froid par un mécanisme de compensation (a).

Les mêmes principes & la même construction sont également applicables aux petites Horloges à Longitudes à ressort, & aux Montres de poche (b). J'en ai fait moi-même l'application dès 1763, dans la construction de la Montre astronomique à compensation, que j'ai vendue à Londres en 1766 (c): ainsi que dans une Montre construite en 1766, pour M. le Chevalier de Fleurieu (d); & plus particulièrement encore, dans la composition de ma Montre à Longitude portative, construite en 1765 (e). Sous ce point de vue la recher-

(a) *Traité des Horloges Marines*, n° 259—261 : 264.

(b) *Traité des Horloges Marines*. Introduction, pag. xxiv.

(c) *Idem*, pag. xxiv.

(d) Voyez le *voyage fait par ordre du Roi, en 1760, &c. Pour éprouver en mer les Horloges Marines*, par M. d'Eveux de Fleurieu, de l'Imprimerie Royale, 1773, pag. lxxij, Tome I.

On lit ce qui suit dans une note. « La Montre à secondes dont nous avons fait usage dans toutes nos opérations, est de la façon de M. Ferdinand Berthoud. Son échappement est à cylindre : les pivots du balancier tournent dans des diamans, & leurs pointes sont portées sur des diamants : Elle est à quatre battements par seconde : les trois aiguilles sont concentriques : Le mouvement de cette Montre n'est point interrompu pendant qu'on la remonte ; il est entretenu par un ressort auxiliaire qui produit son effet de lui-même, sans qu'on soit obligé de faire partir aucune détente. Le régulateur y est très-puissant : les variations qui pourroient provenir de l'action de la chaleur ou du froid, sont prévenues, & compensées par un mécanisme de com-

penstation, tel qu'on en emploie dans les Horloges Marines. Cette machine est la seconde de cette espèce, que M. Berthoud ait exécutées. La première qu'il avoit fait fut vendue à Londres en 1766, deux ans après qu'elle fut terminée. Ce sont les deux premières Montres de poche à compensation, qui ayent été vues en Europe »

Voyez aussi page xlvij, du même Ouvrage, sur la Montre à Longitude.

(e) *Voyage fait par ordre du Roi, de 1768 & 1769, pour éprouver les Horloges Marines*; par M. d'Eveux de Fleurieu; de l'Imprimerie Royale en 1773, page xlvij, Tome I.

M. Berthoud s'est occupé de l'exécution d'une espèce de grosse Montre à ressort, qu'on peut appeller *Montre à Longitudes*, dont la construction est telle que les mouvemens d'une voiture ne peut vent altérer sa régularité, ainsi que lui-même l'a déjà éprouvé.

Cette Montre sera fort utile pour per-



che des Horloges à Longitudes, aura rendu un service essentiel à l'Art & au Public, en perfectionnant les Montres de poche, jusques-là très-défectueuses. \*

C'est particulièrement dans l'intention de répandre les nouvelles lumières que la recherche des Horloges à Longitudes a procuré à l'art de l'Horlogerie, que j'ai destiné la seconde Partie de cet Ouvrage, qui sert de Supplément à l'Essai sur l'Horlogerie : elle contient les moyens de donner aux Montres de poche, la plus grande justesse que ces machines comportent par leur nature : j'y traite également des moyens de perfectionner les Horloges Astronomiques.

Quant à l'usage des Montres de poche dans la Navigation, mon opinion est, que les Horloges à Longitudes, même les plus petites, doivent leur être préférées (\*\*). Car en supposant que l'on emploie dans une Montre de poche les

fectionner la Géographie intérieure, par la facilité qu'elle procurera, de pouvoir déterminer la différence des Méridiens entre deux Villes peu distantes l'une de l'autre, ce qu'en ne pouvoit faire avec exactitude, qu'en employant une base & des triangles : & on sait combien les opérations Géodésiques sont pénibles ; & quelle suite d'instruments elles exigent. La même Montre peut-être employée aussi utilement pour lever le plan d'une côte, & déterminer de proche en proche les différences de Méridiens ».

\* Si depuis quelques années, des Horlogers sont parvenus à exécuter des Montres de poche plus exactes, l'invention des moyens qu'ils ont employés est due

en entier aux Auteurs des Horloges à Longitudes, qui ont publié leurs recherches sans réserve dans leurs ouvrages, en sorte que ceux qui ont exécutés ces Montres, n'ont fait que copier ou imiter les principes & la construction qu'ils ont trouvés établis. Ces Ouvrages étant publics, on a pu & dû s'en servir ; mais ce qui paroît singulier, c'est que les mêmes Horlogers qui ont si bien employé les principes & la construction des Horloges à Longitudes, se sont avisés de fermer leurs Montres par un secret, comme si elles enfermoient de nouvelles découvertes.

\*\* Et à plus forte raison celles à poids.

## I N T R O D U C T I O N. v

mêmes moyens que dans une Montre à Longitude, l'on n'obtiendra pas autant de justesse de la Montre portative.

1°. Parce que la Montre qui est portée dans le gousset, n'a point de position fixe, étant tantôt verticale, tantôt horizontale ou inclinée dans divers sens, ce qui produit nécessairement des variations dans sa marche, quelque parfaite que l'on suppose cette machine: & ces variations deviendront encore plus considérables, lorsque les huiles seront épaissies, & que les frottements viendront à changer.

2°. Pour qu'une Montre de poche, ne soit pas susceptible de dérangement par les agitations du *porter*, il faut que le balancier soit petit & léger; & dès-lors ce Régulateur qui a peu de puissance, éprouve à proportion plus de résistance de la part des huiles & des frottements, & la Montre conserve moins sa justesse (a).

3°. Parce que les huiles mises aux pivots d'une Montre de poche, sont bientôt desséchées par la chaleur du gousset; & c'est ici une des plus grandes causes des variations d'une Montre.

4°. Une Montre de poche est exposée à des changements subits de température, & à des agitations & secousses qui doivent nécessairement affecter sa marche.

5°. L'exécution d'une Montre de poche devient beaucoup plus difficile: & quelque adresse que l'on suppose à l'ouvrier, la perfection dans l'exécution d'une Montre de poche n'égalera jamais celle qu'il pourroit donner à une petite Horloge.

6°. Le ressort spiral réglant d'une Montre de poche, ne peut pas être trempé tout plié, ce qui l'expose à changer de

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1365.

figure par la chaleur : & en démontant la Montre , il est exposé à pouvoir être dérangé.

7°. Quand même on parviendroit à construire & à exécuter une Montre de poche , qui allât constamment avec une grande justesse ; une telle machine ne pourroit jamais devenir d'une usage général dans la Navigation : car peu d'Artistes feroient en état de les exécuter , & même de les nétoyer avec les précautions nécessaires pour rendre à ces machines leur première harmonie.

8°. On ne peut pas avec une Montre de poche , observer l'étendue des arcs de vibrations du balancier , ni par conséquent faire usage de la *Table composée des arcs & de la température*, laquelle indique la marche de l'Horloge , lorsque les arcs de vibrations sont diminués (a).

Enfin, je ne conçois pas qu'il soit plus convenable aux Navigateurs d'exiger des Montres de poche , que d'avoir un sextant ou une boussole de poche : car d'ailleurs , si l'on peut obtenir des moyens propres à faire des bonnes Montres, & que ces mêmes moyens soient appliqués à une Horloge dont la position soit toujours la même , on aura certainement encore plus de précision : l'exécution en sera plus sûre & plus facile, & par conséquent une telle machine sera moins chère & plus à la portée de tous les Navigateurs.

Tels sont les motifs de préférence , qui fixent mon opinion sur le choix des Horloges à Longitudes: on trouvera cependant dans la Première Partie de cet Ouvrage, Chapitres XII & XIII, la construction & la description d'une Montre à Longi-

(a) Voyez ci-après, Chapitre II, n° 14.

tude \* portative , que je destinois uniquement à mon usage , & à des épreuves. Elle a été commencée en 1765 (b); & quoique je fois content de la marche de cette Montre , son exactitude qui peut tenir plus encore à la parfaite exécution qu'aux principes, ne fera pas changer mon opinion sur la préférence qu'on doit donner aux Horloges.

L'Ouvrage que je présente aujourd'hui au Public, n'étant que le Supplément au *Traité des Horloges Marines* , & à l'*Essai sur l'Horlogerie* , je n'ai pas dû répéter ce qui a été déjà donné dans ces deux Ouvrages , auxquels on doit recourir , soit pour la théorie des Horloges & des Montres à Longitudes , des Montres portatives , &c. soit pour la constructions de diverses parties de ces machines auxquelles je n'ai pas fait de changement depuis la publication du *Traité des Horloges Marines* , en 1773 , &c.

Je terminerai cette Introduction , en faisant observer , que dans la composition des Horloges , des Montres à Longitudes , & des Montres Astronomiques , dont j'ai publié les principes & la construction dans le *Traité des Horloges Marines* , & dans ce *Supplément* ; j'ai eu principalement en vue de conf-

\* Cette Montre de poche à Longitude , que je viens de vendre pour S. A. R. le Prince des Asturies , a été exécutée sous ma direction , par mon Neveu *Louis Berthoud* : depuis cette époque , cet Artiste exécute sur les principes de construction de mes Horloges & Montres à Longitudes , des Montres de poche à secondes , à compensation du chaud & du froid , dans lesquelles il emploie l'échappement libre , & un spiral isochrone : la précision de la main-d'œuvre qu'il donne à tous ses ouvrages , jointe aux princi-

pes qu'il a suivis , lui ont fait obtenir dans ses Montres , une très-grande justesse. On trouvera Chapitres XII & XIII, Première Partie , la construction de ma Montre à Longitude de poche , & dans les Chapitres IV , V & VI , Seconde Partie de cet Ouvrage , la construction de mes Montres Astronomiques à compensation à échappement libre , &c.

(b) Voyez Introduction au *Traité des Horloges Marines* , pag. xxiv , & *Longitudes par la Mesure du Temps* , pag. 87.

truire ces machines , de forte que les Artistes qui voudront les imiter , puissent exécuter eux-mêmes , en entier , toutes les parties de ces machines , sans être forcé de recourir à des ouvriers étrangers. C'est par cette raison que je n'ai pas fait usage dans mes Horloges , & dans mes Montres à Longitudes , des *rubis percés* ; quoique ce moyen soit très-bon ; mais nous n'avons en France \* aucun ouvrier de ce genre. Par une suite du même motif , j'ai abandonné l'échappement à repos , à *palette de rubis* , que j'ai employé dans l'Horloge , n<sup>o</sup> 8 ; cependant , en me privant de ces moyens de perfection , je crois pouvoir assurer que mes Horloges n'en ont pas eu moins d'exactitude. Mais la justesse de ces machines est fondée en entier sur la nature des principes qui leur servent de baze , & à ceux de leur construction : cette justesse est absolument indépendante de l'extrême recherche de la main-d'œuvre. Enforte que les Horloges , les Montres à Longitudes , & les Montres de poche que je propose , peuvent être exécutées par tous les Artistes , adroits & intelligents , même par ceux qui sont éloignés de la Capitale.

L'*Essai sur l'Horlogerie* , le *Traité des Horloges Marines* , & le *Supplément* que je publie aujourd'hui , contiennent toutes mes recherches sur les machines servant à la Mesure du Temps : je n'ai présenté mon travail , que comme des matériaux. Je desire qu'ils soient utiles ; quant à moi , je crois avoir rempli ma tâche. C'est ici le dernier Ouvrage que je publierai : peut-être n'ai-je que trop écrit.

\* L'Art de percer les rubis , fut proposé en France , du tems de la Régence , par M. *Fatio* , de Genève : cet Artiste n'ayant pas été accueilli , porta son secret à Londres , où il a été reçu & adopté : Voyez la *régle artificielle du temps* : par *Henri Sully*.

## TABLE



# T A B L E

## D E S C H A P I T R E S

*Du Supplément au Traité des Horloges  
Marines, & à l'Essai sur l'Horlogerie.*

### P R E M I E R E P A R T I E.

*Des moyens propres à perfectionner les Horloges & les  
Montres à Longitudes.*

CHAPITRE I. *Disposition à donner aux Horloges & aux  
Montres à Longitudes, pour suppléer à l'iso-  
chronisme du spiral.*

Compensateur isochrone, Page	1
De la manière de régler l'isochronisme par le compensateur,	3
CHAP. II. <i>Des moyens propres à obtenir plus de justesse des Horloges à Longitudes, dans les voyages de long cours;</i>	5
Table composée des arcs & de la température,	ibid.
CHAP. III. <i>De l'exécution des ressorts spiraux. Méthode propre à les tremper tout pliés,</i>	10
Dimensions des ressorts spiraux isochrones,	13
Détails de procédés, servant à l'exécution des ressorts spiraux,	14
CHAP. IV. <i>Principes de construction, de l'échappement libre, le plus simple, &amp; détails d'exécution,</i>	23

b

## T A B L E

	De l'échappement libre à détente, mise en cage & à levée-ressort,	26
	De la manière de tracer sur le calibre l'échappement libre à détente-ressort & à levée-ressort,	28
	De l'exécution de l'échappement libre à détente & à levée-ressort,	30
	Direction pour l'exécution de l'échappement libre à détente, & à palette mises en cage,	54
	Remarque sur l'échappement libre, appliqué aux Montres à Longitudes, & aux Montres de poche,	36
CHAP. V.	<i>Du ressort moteur des Horloges à Longitudes. Des moyens de rendre sa force constante; de calculer la force du ressort; de trouver le diamètre de la fusée, &amp;c.</i>	40
CHAP. VI.	<i>Horloge à Longitude, N° XXIV à ressort, construites à dessein de suppléer les grandes Horloges à poids,</i>	47
	Moyens de construction,	48
	Description,	50
	Dimensions,	54
CHAP. VII.	<i>Horloge à Longitude, N° XXV,</i>	57
CHAP. VIII.	<i>Horloge, N° 4, à ressort,</i>	63
CHAP. IX.	<i>Principes de construction des petites Horloges à Longitudes, dont le balancier est suspendu par un ressort, fait six vibrations par seconde. Et description de l'Horloge, N° 1, de cette espèce,</i>	66
	Proposition sur l'isochronisme des vibrations du balancier,	67
ARTICLE I.	<i>Principe de construction de petites Horloges à Longitudes,</i>	68
ARTICLE II.	<i>Construction de la petite Horloge, N° 1,</i>	72
	Description,	74
	Dimension,	77
CHAP. X.	<i>Horloge à Longitude, N° XXVII;</i>	78
CHAP. XI.	<i>De la construction d'une petite Horloge à Longitude, le balancier sans suspension,</i>	84
	Disposition à donner au Régulateur des petites Horloges à Longitudes, pour n'employer que trois rouleaux,	<i>ibid.</i>
	Description de l'Horloge, N° 36,	87
	Ses dimensions,	91

## DES CHAPITRES.

xj

Il est préférable d'employer une suspension aux petites Horloges à Longitudes,	93
Description de la suspension,	94
Horloge réduite d'après N° 36,	95
Suspension plus simple,	98
CHAP. XII. <i>De la première Montre à Longitude portative,</i>	101
Description de cette Montre,	103
CHAP. XIII. <i>Description de la seconde Montre à Longitude portative,</i>	107
CHAP. XIV. <i>Horloge à Longitude, N° 35,</i>	109
CHAP. XV. <i>De la construction d'une Montre Marine la plus simple pour les vaisseaux marchands, les pivots de balancier tournant dans des trous,</i>	114
CHAP. XVI. <i>Horloge à Longitude horisontale à poids, de la construction la plus simple, &amp; réduite au plus petit volume,</i>	119
ARTICLE I. <i>Des limites de la force de mouvement du Régulateur des petites Horloges à Longitudes,</i>	122
ARTICLE II. <i>Du mécanisme de compensation,</i>	124
ARTICLE III. <i>De la construction de l'Horloge à poids,</i>	126
ARTICLE IV. <i>Description de cette Horloge,</i>	131
De la suspension,	138
CHAP. XVII. <i>Horloge à Longitude, verticale, à poids,</i>	139
Sa description,	141
CHAP. XVIII. <i>Description d'instrument, &amp; outils servant aux Horloges &amp; aux Montres à Longitude, &amp;c.</i>	144
ARTICLE I. <i>Instrument à graduer les cadrans, &amp;c.</i>	ibid.
ARTICLE II. <i>Instrument servant à éprouver l'Horloge pour l'isochronisme, &amp; par diverses positions,</i>	147
ARTICLE III. <i>Compas à mychromètre, pour la mesure de l'épaisseur des lames des ressorts-spiraux,</i>	148
ARTICLE IV. <i>Machine à calibrer, les lames des ressorts-spiraux réglant,</i>	150
ARTICLE V. <i>Spiral prêt à tremper,</i>	151
CHAP. XIX. <i>Diverses épreuves relatives à l'isochronisme du spiral, &amp; au mécanisme de compensation,</i>	152
1° Épreuve pour fixer le jeu convenable à l'axe de balancier,	152

b 2



2 <sup>o</sup> Epreuve servant à connoître si toutes les parties du mécanisme de compensation, ont le degré de perfection requis,	153
Proposition sur l'isochronisme du spiral. Les plus grands arcs, décrits par le balancier, sont plus isochrones entr'eux que les petits,	155
3 <sup>o</sup> Epreuve ; des limites qui fixent l'étendue des arcs décrits par le balancier,	156
Epreuves de l'isochronisme,	157
CHAP. XX. Des épreuves servant à la formation de la Table composée des arcs & de la température,	163

## SECONDE PARTIE.

### *Des moyens de perfectionner les Montres de poche, & les Horloges Astronomiques.*

CHAP. I. Des causes de variations des Montres de poche ;	173
CHAP. II. Des principes de construction des Montres portatives, pour obtenir de ces machines, la plus grande justesse,	179
Des épreuves qu'il faut faire subir aux Montres Astronomiques de poche, pour obtenir toute la justesse que ces machines comportent,	183
CHAP. III. Diverses observations sur la construction des Montres de poche,	186
ARTICLE I. Du poids qu'il convient de donner au balancier d'une Montre portative, selon la nature de sa construction & de ses frottemens,	ibid.
ARTICLE II. Régler une Montre dans ses diverses positions, par des masses,	188
ARTICLE III. Du rapport entre la force motrice & le Régulateur, selon la nature de l'échappement,	189

## DES CHAPITRES. xiiij

ARTICLE IV. <i>De la compensation du chaud &amp; du froid dans les Montres,</i>	190
Description du mécanisme de compensation le plus simple, applicable aux Montres,	192
De la compensation par le balancier même,	194
Sa description,	197
CHAP. IV. <i>Notion sur les principes de construction de ma première Montre Astronomique, à mécanisme de compensation,</i>	199
CHAP. V. <i>Notion de la deuxième Montre Astronomique, à mécanisme de compensation,</i>	203
CHAP. VI. <i>Troisième Montre Astronomique,</i>	206
Description de la Montre Astronomique à trois cadrans,	207
CHAP. VII. <i>Horloge Astronomique, à trois cadrans,</i>	209
Sa description,	210
CHAP. VIII. <i>Horloge Astronomique, Pendule à demi-secondes, échappement libre, première construction,</i>	215
Seconde construction,	218
CHAP. IX. <i>Horloge Astronomique allant 42 jours sans être remontée, Pendule composé à chassis, à demi-secondes, échappement libre,</i>	220
Sa description,	223
CHAP. X. <i>Du Pendule à demi-seconde, composé avec des tringles, pour la correction des effets du chaud &amp; du froid, &amp; la méthode d'en fixer les dimensions par le calcul, celle de vérifier ces sortes de Pendules, par des épreuves sûres,</i>	228
1° Disposition du Pendule à demi-secondes, à tringles, <i>ibid.</i>	230
Ses dimensions,	230
Dimension du Pendule à demi-secondes à chassis,	231
2° Méthode de calcul, pour déterminer les dimensions du Pendule,	231
3° De la manière de faire les épreuves d'un Pendule composé à demi-secondes, pour connoître si la correction du chaud & du froid est exacte,	234
CHAP. XI. <i>De la construction d'une petite Horloge Astronomique, pour servir à la mesure de la pesanteur, par diverses latitudes,</i>	237
Moyen simple de compensation pour un Pendule,	243

- CHAP. XII. *Dimensions de différents rouages de Pendules à secondes, à équation, à sonnerie d'heures & quarts à chaque quart, &c. les nombres des dents des roues & des pignons, & une notion de la disposition des principales parties de ces machines,*
- ARTICLE I. *Dimensions & nombres du rouage d'une Pendule à secondes & à équation, allant un mois sans être remontée, le mouvement à poids, la sonnerie à ressort,* 245
- ARTICLE II. *Dimensions & nombres du rouage d'une petite Pendule de cheminée à secondes à équation, à ressort & à fusée : Pendule composée à demi-secondes, &c.* 253
- ARTICLE III. *Petite Pendule de cheminée à demi-secondes & à sonnerie, allant un mois sans être remontée, les heures, les minutes & les secondes concentriques,* 256
- ARTICLE IV. *Dimensions & nombres du mouvement d'une Pendule à ressort & à fusée, sonnant les heures & les quarts, à chaque quart, allant un mois sans remonter,* 259

## ADDITIONS A LA PREMIERE PARTIE

### *Du Supplément au Traité des Horloges Marines.*

- ARTICLE I. *Dans les petites Horloges à Longitudes à vibrations promptes, & à balancier léger, il est préférable de faire rouler la pointe de l'axe, sur un diamant,* 264
- ARTICLE II. *Pour faciliter les épreuves de l'isochronisme du spiral, il faut que le bras de la boîte de compensation puisse tourner séparément du bras portant la boîte du pince-spiral,* 266
- ARTICLE III. *Construction à employer, pour éviter de démonter le piton du spiral,* 267
- ARTICLE IV. *Dans les petites Horloges ou Montres à Longitudes à vibrations promptes, dont le balancier tourne entre des rouleaux, il est préférable de rendre ces machines verticales, ibid.*
- ARTICLE V. *Les Montres à Longitudes portatives, décrites Chapitres XII & XIII, première Partie, doivent être maintenues, autant qu'il est possible, dans la même position verticale,* 268

## E R R A T A.

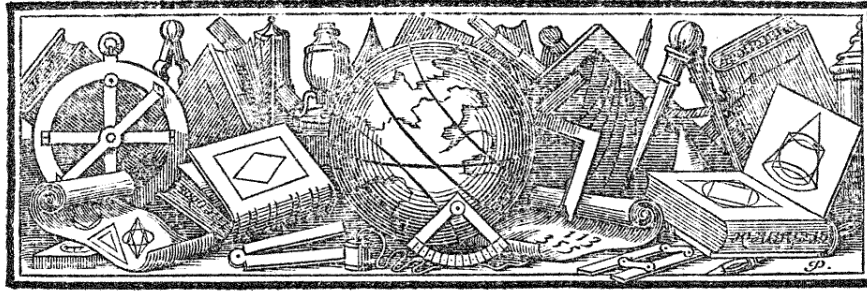
- Page 3, lig. 12*, c'est-à-dire, ce qu'il faut vérifier, *lisez* : c'est-à-dire, qu'il faut vérifier.
- Page 16, lig. 13, 5 lig.*, *lisez* : 3 *lig.*
- Page 24, lig. 6*, par une vis à deux pieds, *lisez* : par une vis & deux pieds.
- Page 33, lisez* : 10 ou de  $\frac{1}{48}$ , *lisez* : ou de  $\frac{1}{38}$ .
- Page 36, lig. 15*, observations, *lisez* : observations.
- Page 55, lig. 3, 5 lig.*  $\frac{1}{11}$ , *lisez* : *lig.*  $\frac{5}{11}$ .
- Page 59, lig. 10, 0 lig.*  $\frac{7}{12}$  *lisez* : 0 *lig.*  $\frac{7}{12}$ .
- Page 64, lig. 19*, le levée-ressort, *lisez* : la levée-ressort.
- Page 66, note (a)* du même rage, *lisez* : du même ouvrage.
- Page 71, note (c)* 56, *lisez* : 561.
- Page 75, lig. 29*, E, f, *lisez* : e, f.
- Page 75, dernière lig.*, le cercle I, *lisez* : le cercle L.
- Page 79, note*, j'ai exécuté cinq, *lisez* : six ; même note, 30 & 31, *lisez* : 30, 31 & 32.
- Page 80, lig. 8*, la roue de secondes h, *lisez* : la roue de secondes K.
- Page 80, lig. 36*, C la roue des heures, *lisez* G.
- Page 82, lig. 6*, par secondes, *lisez* : par minute.
- Page 83, lig. 2*, centre  $\frac{13}{200}$ , *lisez* :  $\frac{13}{200}$  ; même *lig.* au dehors  $\frac{13}{200}$  *lisez* : au dehors  $\frac{13}{200}$ .
- Page 92, lig. 26*, moyenne  $\frac{21}{48}$ , *lisez* :  $\frac{13}{38}$ .
- Page 104, lig. 14*, le pignon d, *lisez* : pignon e,
- Page 104, lig. 27*, le balancier, p, q, r ; S, la fente, *lisez* : le balancier, p, q, r, S ; la fente.
- Page 108, lig. 9*, N, C, le rochet, *lisez* : N, le rochet.
- Page 110, note 1* de ce mécanisme, *lisez* : de ce mécanisme.
- Page 118, lig. 12*, comme j'ai dit, dans le trou, *lisez* : passe dans le trou.
- Page 126, lig. 7*, l'effort, *lisez* : l'effort.
- Page 130, lig. 1, 5, lig.*  $\frac{7}{12}$ , *lisez* : 5 *lig.*  $\frac{7}{12}$ . *idem*, dernière *lig.*, poulie de renvoi 1, *lisez* : poulie de renvoi I.
- Page 136, lig. 24* de renvoi 1, *lisez* : de renvoi I.
- Page 143, avant dernière lig.* de la partie P, du pont H, P, *lisez* : de la partie S du pont S, P.
- Page 151, lig. 23*, C, une broche, *lisez* : une broche C.
- Page 155, lig. 1*, faut chauffer, *lisez* : il faut chauffer.
- Page 161, lig. 11 & 12*, c'est une des raisons, *lisez* : c'est une des raisons.
- Page 171, lig. 18*, par 16 degrés, *lisez* : par 26 degrés.
- Page 183, lig. 28*, étant plus horizontale que verticale, *lisez* : étant horizontale, que lorsqu'elle est verticale.
- Page 210, PLANCHE VII*, *lisez* : PLANCHE VIII.
- Page 256, lig. 24*, dans la direction même de XI, *lisez* : de IX, *idem*, *lig. 27*, placé du côté de X, *lisez* : de IX.

---

## AVIS AU RELIEUR.

*Les onzes Planches seront placées selon l'ordre de leurs numéros, à la fin de l'Ouvrage, après la Table des Matières.*

DE LA MESURE



# DE LA MESURE DU TEMPS.

---

## *PREMIERE PARTIE.*

Des moyens propres à perfectionner les Horloges  
& les Montres à Longitudes.

---

### CHAPITRE PREMIER.

*Disposition à donner aux Horloges & aux Montres à  
Longitudes, pour suppléer à l'Isochronisme du spiral.*

*Compensateur Isochrone.*

N° I. **U**NE des conditions les plus essentielles dans la composition d'une Horloge à Longitudes, c'est l'application d'un ressort spiral réglant qui ait la plus parfaite élasticité,  
A

## 2 DE LA MESURE DU TEMPS.

& qui soit tel par sa nature que cette élasticité soit constante de même que sa figure : or , pour réunir ces deux qualités , il est de nécessité absolue que le spiral soit trempé tout plié (a) , condition qui augmente les difficultés pour obtenir en même temps par le spiral l'isochronisme des vibrations du balancier : cependant je suis arrivé à ce point de perfection : mais alors l'isochronisme n'a presque jamais lieu que lorsque les arcs de vibrations diffèrent peu entr'eux ; d'ailleurs j'ai souvent éprouvé qu'en démontant une Horloge dont le spiral avoit été reconnu isochrone , il cessoit de conserver également cette propriété lorsque l'Horloge étoit remontée , en sorte qu'il falloit les ramener par des épreuves toujours longues. Ce sont toutes les difficultés que j'ai rencontrées qui m'ont fait recourir à un moyen propre à toujours ramener les oscillations à l'isochronisme.

2. Pour remplir cet objet d'une façon sûre & simple. J'ai fixé sur l'axe du balancier , au-dessus des rouleaux , une plaque de cuivre sur laquelle est attachée par deux vis un petit cercle d'acier trempé. Ce cercle est disposé de manière à être rendu plus ou moins excentrique à l'axe du balancier ; sur ce cercle excentrique appuie un rouleau tournant sur deux pivots , & porté par une chappe attachée à un ressort dont l'action sert à rendre les oscillations du balancier isochrones , quelque soit la nature du spiral , propriété que l'on obtient en rendant le cercle excentrique de l'un ou de l'autre côté de l'axe du balancier : j'ai appelé *Compensateur isochrone* (b) cette disposition ajoutée au Régulateur de l'Horloge.

3. La figure 9 , Planche IV représente le Compensateur vu en plan. *NN* est une portion du balancier ; *a* son axe ; *y, y* le cercle

(a) Voyez Traité des Horloges Marines, n° 1298.

(b) C'est le moyen annoncé page 56 des *Eclaircissements sur l'invention des Horloges Marines*. J'avois appliqué dès 1773 le Compensateur isochrone à plusieurs Horloges Marines , mais avec une disposition différente. Au lieu du cercle excentrique porté par l'axe du balancier , j'avois placé une

poulie à double rainure ; sur chaque rainure étoit attaché un fil de pitte dont les bouts correspondoient à deux ressorts fixés sur la platine du Régulateur. Ce Compensateur remplissoit très-bien mes vues. Mais je le supprimai , dans la crainte où j'étois que les fils de pitte ne vinssent à changer de longueur ou à casser.

excentrique porté par cet axe;  $\zeta$  le rouleau Compensateur dont  $P$  est la chappe; 7, 8 le ressort; &  $Q$  le pont qui porte ce ressort; ce pont s'attache sur la platine du Régulateur au moyen de deux vis.

4. Nous donnerons cy-après une description plus détaillée du Compensateur en traitant de l'Horloge n° 35 à laquelle il est appliqué. Voy. Chap. XIV.

*De la maniere de régler l'Ischronisme par le Compensateur.*

5. 1°. Avant de mettre le Compensateur en action, il faut faire marcher l'Horloge & l'éprouver par différents arcs, afin de connoître ce qui manque à l'isochronisme, & dans quel sens; c'est-à-dire ce qu'il faut vérifier si les grands arcs sont plus lents que les petits, ou si ces mêmes grands arcs sont plus prompts que les petits, & de combien?

6. 2°. Si d'après cette premiere observation les grands arcs sont reconnus plus lents que les petits, il faut dans ce cas rendre le cercle excentrique comme il l'est dans la fig. 9, Planche IV; c'est-à-dire, que le balancier étant arrêté, le cercle excentrique doit être porté du côté du rouleau compensateur. Quant à la quantité de l'excentricité, elle est relative à celle qui manque à l'isochronisme: par exemple, dans l'Horloge n° XXV (a) pour 10 degrés de différence dans l'étendue des arcs, il y avoit 22" de différence en 24 heures, dont les grands arcs étoient plus lents que les petits; aussi ai-je porté l'excentrique presque tout entier du côté du rouleau. J'ai obtenu le reste, en augmentant la bande du ressort compensateur. Dans l'Horloge n° XXIII j'ai trouvé que les arcs d'inégale étendue étoient fort près d'être isochrones; ainsi il a fallu donner peu d'excentricité au cercle.

7. Si les grands arcs sont plus prompts que les petits, il faut, lorsque le balancier est arrêté, que la ligne des centres de l'excentrique & du balancier soit parallèle à

(a) Embarquée en 1785 pour l'expédition de M. de la Peyrouse.



#### 4 DE LA MESURE DU TEMPS.

la direction (*a*) du ressort, compensateur, comme on le voit fig. 10, Planche IV. C'est de cette maniere que je l'ai appliqué à l'Horloge Marine n° 22 à poids. L'excentrique étant placé de maniere que lorsque le ressort compensateur se bande, le ressort spiral agit en s'ouvrant.

8. 4°. On conçoit que, lorsque le cercle compensateur est rendu concentrique à l'axe de balancier, il ne produit aucun effet; c'est-à-dire que les oscillations restent de même nature, & comme s'il n'étoit pas appliqué à l'Horloge: & telle devroit être sa position, si les oscillations naturelles du balancier étoient parfaitement isochrones. Dans cette supposition ce mécanisme deviendroit inutile: mais ce cas est fort rare, & il faudroit encore conserver le compensateur; car on n'est pas certain que l'Horloge ayant été démontée, & ensuite remontée, les oscillations soient les mêmes: & c'est sur-tout un usage essentiel du Compensateur, & par lequel on est maître de ramener dans tous les cas les oscillations à l'isochronisme.

9. 5°. Pour peu que le cercle compensateur soit rendu excentrique, il changera la nature des oscillations, & diversément selon le sens de son excentricité. On peut donc toujours ramener les arcs à l'isochronisme, quelque soit la nature des oscillations.

10. 6°. C'est particulièrement par l'excentricité du cercle compensateur que l'on parvient à ramener les arcs inégaux à l'isochronisme; mais on peut également faire concourir le plus ou le moins de force du ressort compensateur, soit par le plus ou le moins de bande, soit en changeant de lame.

11. 7°. On peut estimer très-sûrement la quantité dont on rend le cercle compensateur excentrique, par la marche même de l'Horloge. Par exemple, dans le n° XXIII

(a) On peut varier à volonté la direction de l'excentrique relativement à celle du ressort compensateur, en faisant tourner la plaque qui porte l'excentrique: cette plaque est ajustée sur l'axe de balancier par un canon qui porte une vis de pression, & en changeant cette direction on parvient encore à l'isochronisme, Voy. Chap. XIV.

PREMIERE PARTIE , CHAP. I. 5

L'Horloge retardoit de  $1' 43''$  en  $3^h$  par les arcs  $113^d$  sans compenfateur ; & avec le compenfateur , elle retardoit de  $1' 46'' \frac{1}{2}$  dans le même temps , & par les mêmes arcs : le compenfateur a donc rendu les ofcillations de  $3'' \frac{1}{2}$  plus lentes : & comme le cercle étoit trop excentrique , il a fallu réduire cette différence à  $1'' \frac{1}{2}$  environ en  $3^h$  : je l'ai diminuée & l'Horloge a retardé de  $1' 44''$  en  $3^h$ . Ainsi la quantité dont on a diminué l'excentricité a diminué le retard de  $2'' \frac{1}{2}$  en  $3^h$  , & par ce point les ofcillations font ifochrones. Ces différences fervent donc de mefure pour l'excentricité. On peut eftimer par le même moyen l'effet d'augmentation ou de diminution de bande du reffort compenfateur.

I 2. 8°. Pour conduire très-sûrement l'excentrique à fon vrai point , on pourroit le faire mouvoir par une vis de rappel , & toujours fans rien démonter , & même fans être obligé de defferrer les vis qui le fixent.

I 3. 9°. Enfin le compenfateur ifochrome , tel que je l'ai décrit ci-devant , & que je l'ai appliqué à cinq Horloges , & à ma montre à Longitudes portative , peut être appliqué de la même maniere à toutes les Horloges à Longitudes , foit à poids ou à reffort. C'est l'unique moyen de donner facilement à ces machines la plus rigoureuse précision.

---

---

## CHAPITRE II.

*Des moyens propres à obtenir plus de jufteffe des Horloges à Longitudes dans les voyages de long cours.*

*Table d'équation compofée de la température & des arcs.*

I 4. **D**ANS l'ufage que l'on a fait de mes Horloges Marines , il a été néceffaire que les obfervateurs qui ont été chargés de ces machines , fifsent pendant le cours d'une

## 6 DE LA MESURE DU TEMPS.

campagne, des vérifications de la marche de ces machines, afin de tenir compte des changemens qui y étoient survenus ; changemens qui sont toujours produits par l'augmentation dans les frottemens (a), & par l'épaississement de l'huile, & dont les effets sont de diminuer l'étendue des vibrations du balancier. Or comme il n'est pas toujours facile au navigateur de faire ces vérifications, & que dans les voyages de long cours, les Horloges à Longitudes n'auroient pas la même utilité ; je me suis toujours appliqué à construire ces machines, desorte que les changemens qui arrivent dans les huiles, & par conséquent dans les frottemens, ne pussent influer sur la marche des Horloges ; mais malgré tous mes efforts, il reste encore quelques petites différences qu'il seroit important de prévenir. Or le moyen le plus sûr, c'est de former pour chaque Horloge à Longitudes, une Table qui indique les quantités dont la marche de cette machine varie, lorsque les arcs de vibrations du balancier sont diminués de 5 degrés 10<sup>d</sup> &c. C'est cette Table que j'ai appelé *Table composée des arcs & de la température*.

15. Pour remplir cet objet d'une façon simple & commode, j'ai fait percer les tambours des Horloges à Longitudes vis-à-vis les balanciers ; ces ouvertures sont recouvertes par un cadre qui porte une glace. Au-dessous du balancier est placé un limbe gradué en degrés, lequel sert à indiquer l'étendue des vibrations au moyen d'une cheville portée par le dessous du balancier, & qui sert d'index : c'est ainsi que sont disposées les Horloges n<sup>os</sup> XIV, XV & XVI, que j'ai livrées pour la Marine d'Espagne en 1775 ; & les Horloges n<sup>os</sup> XVII XVIII, &c. que j'ai livrées pour celle de France en 1776 : mais je fus alors forcé de livrer toutes ces machines, sans avoir pu les accompagner de cette Table essentielle, faute de temps. D'ailleurs je rencontrai alors beaucoup de difficulté pour la formation de ces Tables : mais depuis j'ose me flatter d'avoir levé ces difficultés par les moyens que nous allons exposer.

(a) Traité des Horloges Marines, n<sup>o</sup> 65.

PREMIERE PARTIE, CHAP. II. 7

16. La Table que je propose ici pour tenir compte des quantités qui manquent à l'isochronisme, m'avoit d'abord paru difficile à former, à cause des quantités qu'il falloit démêler, & qui peuvent appartenir à la condensation des huiles par le froid, ou à l'épaississement naturel des huiles qui se fait à la longue, deux choses qui produisent le même effet, favoir, la diminution d'étendue des arcs de vibrations du balancier : or la première quantité, favoir la diminution des arcs par le froid, se trouve nécessairement comprise dans *l'équation de la température* qui accompagne les Horloges, lorsqu'elles vont à la mer, puisque la compensation se fait tandis que les arcs varient du chaud au froid. Mais si l'on dresse la nouvelle Table, de sorte qu'elle marque non-seulement l'étendue des arcs du balancier, lors des épreuves pour la compensation, mais qu'elle annonce encore d'avance la marche de l'Horloge lorsque le balancier décrira de plus petits arcs, on aura des termes qui donneront la valeur de la diminution des arcs produits par l'épaississement propre des huiles.

L'examen que nous allons faire servira encore à assurer l'usage de la Table, & à éclaircir ce que nous venons d'énoncer.

1°. *Pour la Table de la température seule.*

17. Si l'Horloge est telle qu'au moment des épreuves servant à former la table de la température, les arcs de vibrations du balancier ne varient pas du chaud au froid ; mais qu'ensuite les arcs viennent à diminuer, il arrivera nécessairement que l'Horloge variera par la raison que les arcs inégaux ne sont pas isochrones par diverse température, correction que la Table d'équation de la température ne peut pas corriger étant seule. L'Horloge ne peut donc conserver la marche qu'elle avoit lors de la formation de la Table, qu'autant de temps que les arcs seront de la même étendue qu'ils avoient à cette épo-

## 8 DE LA MESURE DU TEMPS.

que : voilà les premiers motifs qui m'ont fait proposer la Table des arcs. Il faut maintenant examiner si cette Table peut être véritablement utile dans tous les cas : mais auparavant, voyons encore sous un autre point de vue, la Table de la température employée seule comme je l'ai fait jusques ici.

18. 2°. Je suppose qu'à l'instant de la formation des épreuves servant à former la Table de la température, les arcs de vibration du balancier soient plus petits de 10 degrés par le froid que par le chaud. Dans ce cas, la compensation, ainsi que la table de la température, comprendront l'écart qui a lieu pour le non isochronisme de ces 10<sup>d</sup> des arcs ; & l'Horloge conservera la même justesse pendant tout le temps que les arcs décrits par le balancier conserveront la même étendue & par le chaud & par le froid : mais dès que ce premier état changera par une autre cause, savoir, l'épaississement propre des huiles, l'Horloge aura un écart quoiqu'on y applique les termes de l'équation pour la température. La table de la température seule ne peut donc corriger que les erreurs sur lesquelles elle a été établie, & pendant le temps seulement que l'Horloge restera dans l'état où elle étoit lors de sa formation de la Table : la même chose auroit lieu, quand même la compensation seroit complète & parfaite par tous les degrés de température.

### 3°. *Des Tables d'équation pour la température & d'équation des arcs réunies.*

19. LES termes qui forment la Table des arcs & de la température étant établis, il est évident que si ensuite les arcs viennent à changer d'étendue, la justesse de l'Horloge n'en peut être affectée, puisque ces deux Tables réunies comprennent toutes les variations qui peuvent avoir lieu, tant à raison des changemens de température qu'à raison de la diminution des arcs de vibrations, & par conséquent du  
non-

PREMIERE PARTIE , CHAP. II. 9

non-isochronisme, les seuls écarts qui peuvent avoir lieu. Car si les arcs de vibrations du balancier restoient constamment de la même étendue, il est évident que la Table seule de la température indiqueroit les variations de l'Horloge; & que si les arcs varient, la Table des arcs indique complètement & sans mélange la correction à faire.

20. Si la compensation du chaud & du froid est complète & parfaite, & que le balancier dans les épreuves du chaud & du froid, ait décrit la même étendue d'arc, ainsi que je l'ai expliqué; dans cette supposition, on n'a besoin que de la Table des arcs, qui comprendra seule toutes les variations de l'Horloge. La compensation tient alors lieu de la Table de la température.

21. Un avantage essentiellement grand de la Table des arcs réunis à celle de la température, de la manière que je l'emploie actuellement, c'est que si un spiral n'est pas parfaitement isochrone, il n'en peut résulter aucune erreur dans l'usage de l'Horloge, puisque la Table comprend & prédit d'avance au navigateur les écarts qui doivent avoir lieu, tant à raison des changemens de température, que des changemens qui arriveront dans l'étendue des vibrations du balancier.

22. En examinant avec attention la nature des termes qui composent les Tables de la température, & celle des arcs, il me paroît qu'il convient employer les quantités qui composent ces Tables sous la même forme, & réunies dans une seule Table. Car dans les épreuves qui servent à les établir, chaque résultat est composé de la variation par la température, & de celle du non-isochronisme par divers arcs.

Nous donnerons dans le Chapitre XX tous les détails servant à la formation de la Table composée des arcs & de la température.

B

## CHAPITRE III.

*De l'exécution des ressorts spiraux. Méthode propre à les tremper pliés. Dimensions des ressorts pour l'Isochronisme.*

N° 23. J'AI à traiter dans cet article un des objets le plus intéressant des Horloges à Longitudes, celui qui m'a coûté le plus de recherches, de peines & de dépenses. Je n'entrerais cependant pas dans les détails immenses, où j'ai été entraîné par cette recherche; cela seule formeroit un volume. Je me contenterai de donner le résultat du travail que j'ai fait sur cette partie, depuis la publication du *Traité des Horloges Marines*, dont ceci est la suite.

24. La première propriété que j'ai recherchée dans le spiral, est celle de fixer sa figure par une forte trempe; la seconde de le rendre isochrone, & j'ai fait tous mes efforts pour réunir ces deux qualités: mais quoique celle de l'isochronisme soit désirable, elle n'est pas d'une nécessité aussi rigoureusement absolue que la première, celle d'avoir sa force & sa figure inaltérable: car une Horloge dont le spiral ne seroit pas parfaitement isochrone, pourroit malgré cela conserver une très-grande justesse; ainsi que cela est arrivé à l'Horloge n° 8, dans la première campagne. Les changemens dans la figure du spiral sont d'une toute autre conséquence, parce qu'ils peuvent être produits tout-à-coup; & c'est à cette cause que l'on doit attribuer les erreurs du N° 6. (Voyez *Traité des Horloges* N° 739.). Or pour fixer rigoureusement la force & la figure du spiral, on ne peut y parvenir sûrement qu'en le trempant tout plié; car par les méthodes que l'on peut employer pour éviter de

PREMIERE PARTIE, CHAP. III. II

tremper les ressorts pliés, il en résulte deux défauts essentiels : 1<sup>o</sup>, c'est que le spiral qui étoit isochrone cesse de l'être lorsque les spires se sont ouvertes ; 2<sup>o</sup>, que le spiral se trouve dans un état forcé, deux causes de variations considérables. J'insiste donc sur la nécessité absolue d'employer dans les Horloges à Longitudes, des ressorts spiraux trempés tout pliés : il est vrai qu'il est difficile d'obtenir en même temps que ces ressorts soient isochrones. Mais je suis cependant arrivé à ce point désiré : ce sont les procédés servant à ce travail, que je vais décrire.

25. Nous avons prouvé, *Traité des Horloges Marines*, que pour parvenir à rendre un spiral isochrone, la lame doit être faite en fouet le plus fort au centre, plié, ferré par un grand nombre de tours. Depuis la publication de cet Ouvrage, j'ai fait grand nombre d'épreuves pour déterminer la progression que doit suivre la lame dans cette diminution, & je l'ai heureusement fixée ; & pour en rendre l'exécution sûre, j'ai construit divers instruments propres à donner la force convenable à la lame, & sur-tout pour la calibrer avec la plus rigoureuse précision : on trouvera la description & l'usage de ces instruments, Chap. XVIII.

26. En indiquant dans le *Traité des Horloges Marines*, les principes qui constituent l'isochronisme du spiral, j'ai dit N<sup>os</sup> 155 : 222 : 235 & 239, qu'en pliant un spiral par un grand nombre de tours ferrés, on parvient à l'isochronisme, parce que les inflexions se font par des leviers plus égaux entr'eux. En partant de ce principe que j'ai prouvé par l'expérience, il est évident que si, au lieu de donner au ressort réglant la figure spirale, on le plioit en cylindre de la même manière que j'ai fait plusieurs grands ressorts moteurs pour mes premières Horloges, l'action se feroit par le même levier, & la force ascendante ne seroit plus produite que par la nature même du ressort ; au lieu que, dans le spiral, elle est composée de cette même force, & de celle qui est le produit de l'action des leviers inégaux, tels que les donnent les spires du ressort. La fig. 10 de la Planche VII représente un des

B 2



## 12 DE LA MESURE DU TEMPS.

grands ressorts que j'avois fait exécuter en 1767, pour suppléer le grand ressort moteur ordinaire ; mais j'ai abandonné cette espece de ressorts à cause des difficultés d'exécution.

27. Après avoir tenté divers moyens pour tremper les ressorts tout pliés, je suis revenu à la premiere méthode que j'avois employée pour tremper les ressorts spiraux de ma premiere Horloge, celle de contenir les spires par des brides : ( Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, N° 2166 ) ; mais il restoit la difficulté de faire des brides qui fussent exactement entaillées d'après les spires, & assez exactes pour ne pas changer la figure spirale du ressort ; & j'ai heureusement imaginé un moyen simple & sûr qui m'a parfaitement réussi. Je plie d'abord convenablement la lame qui doit former le spiral au moyen de l'outil destiné à cet usage, ( *Traité des Horloges* 1147 ) en faisant chauffer le ressort à mesure. Lorsqu'il est plié assez ferré, je le fais recuire légèrement dans l'outil à tremper, & le laisse refroidir dans l'outil. Ensuite je travaille le ressort avec des pinces pour lui donner la figure spirale la plus exacte. En cet état, je prends un morceau d'étain figuré en lame de couteau, j'en pose le tranchant sur le spiral, & de sorte qu'il le traverse diamétralement ; je donne alors un coup de marteau sur le dos de la lame d'étain, le spiral étant posé à plat sur la table : les spires font des marques ou entaillés sur le tranchant de la lame d'étain, & s'impriment de sorte que cette lame sert de matrice ( voy. Planche VII fig. 7 dont AB représentent la matrice d'étain ). Pour entailler les petites regles de fer qui doivent former les brides, je mets deux de ces brides en croix de chaque côté : on conçoit qu'il faut imprimer deux lames d'étain pour chaque ressort. La seconde doit être imprimée en croix, ou à angle droit de la premiere position, par laquelle on a fait la premiere impression. Ces brides sont attachées par des liens ou chassis de fer qui les fixent par chaque bout. Ces chassis ferment les brides par des vis, ce qui rend absolument fixe les spires du ressort.

PREMIERE PARTIE, CHAP. III. 13

Voilà une idée de la méthode que j'emploie pour le travail des ressorts spiraux.

Je vais en donner les détails par ordre.

*Dimensions des ressorts spiraux Isochrones.*

28. Spiral de l'Horloge N° X.

Il a 11 lig.  $\frac{1}{3}$  de diametre.

Il fait cinq tours.

Sa largeur, 2 lignes  $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$ .

Épaisseur au centre, lig.  $o \frac{21}{200}$ .

Épaisseur au dehors, lig.  $o \frac{10}{200}$ .

Il tire 18 grains à cinq degrés de la balance élastique.

29. Spiral de l'Horloge, N° XXIV :

A de longueur 7 pouces 9 lignes.

Il fait 4 tours  $\frac{1}{4}$ .

Son diametre est de 10 lignes.

Épaisseur au centre, lig.  $o \frac{10}{200}$ .

Épaisseur au dehors, lig.  $o \frac{8}{200}$ .

Tire 20 grains à 5 degrés de la balance élastique.

30. Spiral de l'Horloge, N° XXV.

Longueur, 6 pouces.

Largeur, 1 lig.  $\frac{7}{12}$ .

Épaisseur au centre, lig.  $o \frac{15\frac{1}{2}}{200}$ .

Au dehors, lig.  $o \frac{14\frac{1}{2}}{200}$ .

31. Les spiraux des petites Horloges à Longitudes N° XXVII, &c.

Ont de diametre 5 lig.  $\frac{10}{12}$ .

Font quatre tours  $\frac{1}{2}$ .

Longueur, 5 pouces.

Largeur de la lame, lig.  $o \frac{8\frac{1}{2}}{12}$ .

Épaisseur au centre, lig.  $o \frac{12}{200}$ .

Au dehors, lig.  $o \frac{11}{200}$ .

## 14 DE LA MESURE DU TEMPS.

32. Spiral de la petite Horloge, N° XXXVI.

Sa longueur, 5 pouces  $\frac{1}{2}$ .

Il fait cinq tours  $\frac{1}{2}$ .

Largeur  $\frac{1}{2}$  ligne.

Épaisseur au centre, lig.  $o \frac{11}{200}$ .

Au dehors, lig.  $o \frac{10}{200}$ .

### *Détails des procédés servant au travail des ressorts spiraux.*

33. Mesurer avec le compas à micrometre ( décrit ci-après Chap. XVIII ), les lames qu'on a fait exécuter par le faiseur de ressorts. On choisira celles qui sont d'épaisseur convenable, & qui sont faites en fouet : elles doivent avoir 19 degrés du compas pour le centre du ressort, & 17 degrés au dehors, à 8 pouces de distance du centre (*a*), la longueur totale des lames en ce premier état doit être de 18 pouces.

34. Travailler & égaliser les lames avec l'outil à calibrer ( décrit Chap. XVIII ), & de sorte qu'elles aient les dimensions fixées savoir 19<sup>d</sup> au centre, 17<sup>d</sup> à 8 pouces de distance, mesurées avec le compas à micrometre.

35. Couper les lames à l'endroit où l'épaisseur est 19 degrés ; la longueur depuis ce point qui formera le centre doit être de 10 pouces.

36. Bleuir les lames, & les faire même passer le bleu, c'est-à-dire leur donner un bleu gris.

37. Recuire les bouts des lames à la chandelle pour y faire l'œil ; le bout qui doit former le centre du ressort, doit être recuit dans la longueur d'environ 2 pouces, afin qu'en pliant la lame, elle ne casse pas.

38. Plier les bouts des lames avec les pinces à spiraux, de façon qu'ils forment un crochet.

39. Fendre ces bouts ainsi pliés avec une lime à égalir

(*a*) Ce sont ici les dimensions des ref- | N°s XVII & XVIII, & de l'Horloge à ref-  
sors spiraux des grandes Horloges à poids, | fort, N° XXIV.

pour faire les ouvertures des crochets , & terminer l'œil du centre à la lime , & ôter les rebarbes.

40. Plier avec les pinces à spiraux l'œil du centre pour le préparer à aller sur l'outil à plier les ressorts.

41. Plier à froid le ressort avec l'outil à plier les ressorts, se servir d'un arbre dont la grosseur soit de 3 lig.  $\frac{1}{2}$ .

42. Placer le ressort sur l'outil à plier, sur l'arbre de 3 lig.  $\frac{1}{2}$ , & en tournant la manivelle de l'outil, le ferrer tout contre & arrêter le bout extérieur avec le levier à crochet fait à ce dessein. En cet état, il faut faire chauffer doucement l'arbre & le ressort sur un petit brasier ; plonger le ressort ainsi ferré avec son arbre dans de l'huile, le chauffer encore, & lorsqu'une goutte d'huile tombe dans le feu, replonger de nouveau le ressort toujours ferré dans l'huile. Je dois observer par rapport à cette opération, qu'il ne faut pas trop chauffer le ressort, crainte de le plier trop ferré, parce qu'on a plus de peine à le rouvrir qu'à le resserrer avec les pinces à spiraux, lorsqu'il est trop ouvert ; il vaut mieux plier le ressort au feu sur l'outil, en allant de proche en proche.

43. Les lames de ressort étant pliées convenablement de cette manière, il faut les placer dans l'outil à *recuire*, & placer l'outil dans un brasier sans souffler ; on laissera l'outil à recuire jusqu'à ce qu'il soit couleur de cerise, & pas plus ; car si on recuit trop les ressorts, cela corrompt l'acier de sorte qu'il ne peut plus prendre une bonne qualité de trempe : d'ailleurs quand les ressorts sont trop recuits, il ne se travaillent plus si bien avec les pinces à spiraux. L'outil à recuire étant donc couleur de cerise, on le retire du feu, & on le laisse refroidir, les ressorts restant dedans ; car si on retiroit les ressorts de dedans l'outil, pendant qu'il est chaud, il s'éleveroit une écaille ou paille sur les ressorts, qui en changeroit la force, & qui ôteroit le poli de la lame.

44. Couper avec une lime à feuille de fauge, le bout intérieur de l'œil, ainsi que le bout extérieur à l'endroit

## 16 DE LA MESURE DU TEMPS.

du trou fait pour le crochet de l'arbre à plier : ce ressort ne devant plus être placé sur le tour à plier les ressorts , l'un & l'autre bout devient inutile.

45. Achever de plier en spirale avec les pinces à spiraux , les ressorts préparés. Pour cet effet , il faut avoir au moins quatre pinces à spiraux de différentes grosseurs & courbures pour les ressorts des grandes Horloges , & autant pour ceux des petites : & il en faut deux ou trois droites sans taille pour servir à ouvrir les spires trop fermées. Quand les ressorts sont pliés trop grands au feu , il faut commencer à travailler les ressorts par le centre avec les petites pinces courbes : on pliera le bout du centre de la grosseur convenable pour la virole. Pour les grandes Horloges , cette virole doit avoir 5 lignes de diamètre : les viroles pour les spiraux de moyenne force , comme celui de N<sup>o</sup> XXV , ont 2 lig.  $\frac{4}{12}$  : & pour les petites Horloges , le diamètre de la virole est de 1 lig.  $\frac{8}{12}$ . Si les spires du ressort sont trop ferrés au feu , il faut les ouvrir avec les pinces droites en commençant par le dehors. Le ressort étant ouvert convenablement , on le plie par le centre avec les pinces courbes. Il faut que les ressorts soient parfaitement pliés en spirale , en sorte que les courbures & les intervalles soient uniformes dans toute l'étendue du ressort : l'intervalle entre les spires des grandes Horloges doit être par-tout de  $\frac{3}{4}$  de ligne , & pour les petites Horloges , cet intervalle est de  $\frac{1}{2}$  ligne au plus.

46. Les ressorts étant parfaitement pliés en spirale , il faut les placer successivement sur la virole d'épreuve qui doit être de la même grosseur que la virole qui doit servir , & dont j'ai donné la mesure ci-dessus ; on ferrera le bout intérieur du spiral sur cette virole , au moyen de ses deux vis , & de la plaque d'acier ; on montera la virole sur un arbre lisse ; on fera ainsi tourner le spiral sur cet arbre , afin de voir si les spires sont concentriques à l'axe ; si elles ne le sont pas , on travaillera en conséquence la spire du centre jusqu'à ce que le spiral tourne *rond* , c'est-à-dire que la spirale ne soit pas excentrique à l'arbre ou virole ; on examinera

minera si les côtés du spiral tournent droit , ce que l'on corrigera s'il en est besoin, en le faisant tourner parfaitement dans le même plan.

47. On prendra un des *couteaux d'étain*, ( A B, fig. 7, Planche VII, que l'on figurera convenablement ; le dos de la lame ayant environ une ligne d'épaisseur , & le tranchant, qui doit être arrondi, ayant  $\frac{1}{2}$  ligne au plus : on posera un des ressorts que l'on a pliés & terminés, à plat sur le laboratoire ; on posera sur le spiral, le tranchant du couteau d'étain, que j'appelle *la matrice*, enforte qu'en passant par son centre, elle en forme un diamètre qui passe en même tems par le bout extérieur du spiral : en cet état on frappera un coup de marteau à tête un peu large & plate, ayant attention que le coup porte au-dessus du centre du spiral, afin que tous les bords de chaque spire s'impriment sur le tranchant de la *matrice* d'étain : si un seul coup n'a pas assez imprimé, on en donnera un second avant de dégager la matrice : on dégagera la matrice, & on numérottera 1 le bout d'abord imprimé, & on se souviendra que ce bout doit répondre au bout extérieur du spiral à un endroit qui sera remarquable par l'impression même de l'étain qui l'aura un peu blanchi.

On prendra le bout non imprimé de la matrice (a), & on l'appliquera sur le spiral dans une position qui passe par le centre comme dans la première, & à angle droit sur la première position : en cet état on frappera un coup de marteau pour imprimer les bords des spires sur le tranchant de la matrice ; on fera la marque 2 sur ce bout de la matrice.

48. Je fais préparer plusieurs lames du fer le plus doux pour servir de brides. J'en applique une sur le bout marqué 1 de la matrice. Je fais un peu déborder du bord de la bride, le tranchant imprimé de la matrice (b) ; en cet état je serre l'une contre l'autre à l'étau. Je prends une petite lime à

<p>(a) La longueur des matrices peut être de deux pouces <math>\frac{1}{4}</math>, afin de faire deux impressions sur chacune.</p>	<p>soient assez saillants en dehors des entailles de la matrice, &amp; par conséquent du ressort, afin de recevoir les chassis qui doivent les fixer sur le ressort.</p>
--	--

(b) Il faut aussi que les bouts des brides

C

## 18 DE LA MESURE DU TEMPS.

fendre, de l'épaisseur des entailles imprimées à la matrice. Je pose bien exactement dans une entaille & fais une légère fente à la bride, & de même à toutes les entailles du bout N° I. Je marque un trait oblique au bout de la bride, qui indique son repaire avec le ressort.

49. Je prends une seconde lame de fer, & l'applique de la même manière sur le bout N° II. de la matrice. Je fais les fentes comme dans la première opération; je marque cette bride par un repaire de deux traits obliques.

50. Je prends une petite scie de ressort dont l'épaisseur est la même que celle des spiraux: cette scie se place & se fixe dans un *dossier* monté sur un manche de limes: au moyen de cette *scie à dossier* je forme aux deux brides de fer, des entailles d'égales profondeurs, & aussi larges que la lame du spiral est épaisse, afin que les spires y entrent juste & soient maintenues dans leur figure & restent dans le même plan.

51. Je prends une autre lame de fer & l'applique sur celle N° I; Je les serre à l'étau; & avec la scie à dossier je marque à cette nouvelle bride, les entailles de la première, & je fais le repaire.

52. Je prends de même une autre lame & l'applique sur la bride N° II, & y marque avec la scie à dossier les fentes, je marque un repaire de deux traits à cette nouvelle bride.

53. J'acheve d'enfoncer les fentes des deux dernières brides.

54. Je fais au milieu de la longueur de chaque bride N° I, une entaille enfoncée à moitié de sa hauteur, & du côté opposé aux fentes des spires: je fais de même au milieu de la longueur des brides N° II une entaille enfoncée à moitié leur hauteur, mais du côté même des fentes des spires. Au moyen de ces entailles, on peut faire l'assemblage des 4 brides en croix, & l'une au dessus de l'autre. Voy. Pl. VII, *fig. 6.*

55. Je pose le spiral à plat sur le laboratoire, & prends une bride N° I, & la place sur le spiral dans le même

fens, & à l'endroit même où j'ai posé la matrice pour former la premiere marque d'impression : je fais entrer les spires dans les fentes.

§ 6. Je prends une bride N° II, & la pose en croix sur le spiral, de sorte que le bout marqué II soit du même côté du spiral où étoit le bout II de la matrice, lors de l'impression ; je fais entrer le spiral dans les fentes.

§ 7. Je retourne doucement le spiral & le pose à plat sur le laboratoire, sur ses deux brides. Je place la bride N° I vis-à-vis celle N° I de dessous, & fais entrer les spires dans les entailles. Je prends de même l'autre bride N° II, & la fais entrer en croix sur le spiral, vis-à-vis celle N° II de dessous.

§ 8. Je prends quatre chassis à vis pareils à celui C D, Pl. VII, *fig. 7*, & les fais entrer sur les bouts des brides faillants au dehors du spiral : je serre les vis, & fixe à demeure les brides avec le spiral, en sorte que le tout ne forme plus qu'un même corps : voyez la *fig. 6*, Planche VII, qui représente cet assemblage. Tous les ressorts ainsi préparés sont prêts à être trempés.

§ 9. Je place un ressort ainsi fixé avec ses brides dans l'outil à tremper les ressorts (*Traité des Horloges Marines*, N° 1142.) Après avoir fermé l'outil je le place dans une grande poêle pleine de charbon allumé : je laisse l'outil se chauffer sans souffler, & jusques à ce qu'il ait pris le degré de chaleur naturelle du braisier. Lorsque l'outil à tremper est d'un rouge cerise, je le tire du feu & le porte sur un poëlon rempli d'huile d'olive : en ce moment j'ouvre l'outil & laisse tomber doucement le ressort dans l'huile : je trempe de la même maniere tous les ressorts que j'ai préparés, & j'en dispose toujours au moins une douzaine à la fois, afin d'avoir à choisir. D'ailleurs il y a de l'avantage à exécuter & tremper plusieurs ressorts à la fois ; car lorsque l'outil à tremper est une fois échauffé, on place un autre ressort dedans, on referme l'outil, & on le remet un moment au feu, pour lui faire



reprendre le rouge convenable, ce qui est bientôt fait : on trempe de nouveau ce ressort, & ainsi de suite.

60. Tous les ressorts que j'ai préparés, étant ainsi trempés, je dévisse les vis des chassis lesquelles doivent être faites de fer pour ne pas se tremper. J'ôte doucement ces chassis & je retire ensuite avec précaution les quatre brides de chaque ressort, afin d'éviter de casser les ressorts. Toutes les brides qui ont une fois servi à la trempe des ressorts deviennent inutiles, car à chaque ressort il en faut de nouvelles. Il faut aussi effacer l'impression faite aux matrices d'étain ; on doit en avoir autant que de ressorts que l'on veut tremper. On conservera les chassis à vis, parcequ'ils serviront à toutes les trempes que l'on voudra faire

61. Pour connoître les ressorts qui sont d'une bonne trempe, je casse un petit morceau de chaque bout du spiral, & je rejette les ressorts qui ne sont pas de la plus forte trempe : ils doivent, pour être tels, casser sec : je rejette également les ressorts dont la trempe a trop dérangé la figure. Nous observerons, par rapport à l'essai de la trempe, que l'on peut le faire, avant même d'ôter les chassis & les brides, & on peut essayer de retremper ceux qui sont mols.

62. Après avoir choisi les ressorts qui ont la meilleure trempe, & la figure moins dérangée, je blanchis les bouts extérieurs de ces ressorts avec de la pierre à huile en poudre, appuyant le bout sur un morceau de bois de buis figuré convenablement. Je nétoie ce premier tour de chaque ressort après qu'il a été blanchi.

63. Je place un ressort dans l'outil à bleuir, afin de le faire revenir jaune : j'en fais autant à tous les ressorts, cette précaution étant nécessaire pour éviter qu'on ne casse les ressorts en les polissant.

64. Je polis les ressorts, & c'est une opération qui exige de l'adresse & de la patience. Pour polir les ressorts, j'attache un bois de buis convexe d'un côté pour sou-

tenir le ressort, lorsque je polis le dehors ou côté extérieur ; & concave de l'autre côté, pour soutenir le ressort, lorsque je polis le dedans. Je prends du bois blanc & de la pierre à huile broyée, pour adoucir le ressort spiral des deux côtés, dedans & dehors. Le spiral bien adouci, je le nétoie, & prends ensuite du rouge d'Angleterre pour le polir ; je netoie chaque ressort, & me fers pour cet effet de linge fin & de pinces à goupilles plates & minces.

65. Le spiral étant poli & nétoyé, je le prépare pour le bleuir, & je fais servir en même-temps cette opération pour faire reprendre au ressort l'exakte figure spirale que la trempe lui a fait perdre. Pour cet effet j'introduis entre les spires trop serrés, de petits coins faits avec du bois de *Fusain*, afin de les écarter convenablement : & pour ramener les spires qui sont trop ouvertes, je place le spiral sur une plaque de cuivre mince bien dressée, sur laquelle je marque & place des chevilles qui contraignent la lame, pour la redresser & lui faire prendre la figure spirale la plus exakte. ( On conçoit qu'il faut placer de nouvelles chevilles pour chaque nouveau ressort. ) Le spiral ainsi ramené à la figure qu'il avoit avant la trempe, on le posera avec sa plaque de cuivre dans l'outil à bleuir, & au moyen d'une grosse chandelle, en échauffant cet outil on bleuira le spiral : & pour qu'il se bleuisse bien également, lorsque le dessous commencera à bleuir, on retournera le spiral sens dessus dessous dans l'outil. Une autre méthode que j'emploie pour ramener le spiral à sa vraie courbure, c'est de prendre une pince à spiral ayant la courbure convenable, de pincer le spiral à l'endroit où il est mal courbé & trop ouvert, & en faisant chauffer la pince avec le chalumeau en dessous du spiral, celui-ci reprend la vraie courbure : si la spire est trop fermée, je me fers d'une pince plate.

66. Tous les ressorts étant bleuis & ramenés à la figure spirale, il faudra les éprouver sur la *Balance élastique* ( *Traité des Horloges Marines*, n° 1144 ) afin de connoître ceux qui sont propres à l'isochronisme. Pour cet effet, on placera chaque ressort spiral sur la virole d'épreuve ayant 3 lig. de diamètre ;

## 22 DE LA MESURE DU TEMPS.

on le disposera de sorte qu'il soit exactement concentrique & droit ; on l'appliquera sur l'axe de la balance , & on l'éprouvera. Si la force du ressort croît en progression arithmétique, ou si, à la fin de la bande par 120 degrés, par exemple, elle décroît, ce spiral peut être réputé isochrone ( *Traité des Horloges*, ) n° 141 , 226. Mais si la force est en plus grande progression que celle arithmétique , le spiral ne fera pas isochrone en ce point ; on l'accourcira donc & on cherchera , de proche en proche , s'il a dans sa longueur un point par lequel il puisse être isochrone : cette épreuve doit être faite de deux manières : d'abord en faisant resserrer le spiral sur lui-même, ensuite en le faisant rouvrir ; & il faut avoir soin que les spires ne se touchent pas entr'elles ni au piton ni à la virole , effets qui rendroient l'épreuve très-fautive. On mettra à part les ressorts qui n'ont pas été trouvés isochrones ; mais avant de les rejeter , il sera à propos d'en faire l'essai avec l'Horloge même ; parce que cette manière de les juger est encore plus sûre que celle de la balance.

67. Ayant trouvé un spiral reconnu propre à l'isochronisme sur la balance élastique , on fera une marque à ce spiral à l'endroit où il étoit arrêté par le piton , & autant au centre près la mâchoire de la virole : on placera ce ressort sur la virole du balancier , & de la même manière qu'il étoit sur celle d'épreuve , ayant attention qu'il soit parfaitement droit & rond , & que le trait fait au centre du ressort affleure la plaque de la virole , comme il faisoit à celle d'épreuve : on posera le ressort sur l'axe du balancier , & on fera tourner la virole jusqu'à ce que le trait fait au dehors du spiral se présente dans la fente même du pince spiral : on fera marcher l'Horloge en faisant décrire différents arcs au balancier , au moyen de l'équipage décrit Chap. XVIII , & on éprouvera si les arcs inégaux sont isochrones : si cela n'est pas , on allongera ou on raccourcira le spiral jusques à ce que ce point soit trouvé : cela fait , il ne faudra plus toucher au spiral ; & pour régler l'Horloge , on augmentera ou on diminuera convenablement le poids du balancier : car si on touchoit au pince

spiral pour régler l'Horloge, le spiral ne seroit plus isochrone, (*Traité des Horloges Marines*, N° 1403).

Nous donnerons dans le Chapitre XIX, tous les détails relatifs aux épreuves pour l'isochronisme du spiral.

## CHAPITRE IV.

*Principes de construction, de l'échappement libre le plus simple, & détails d'exécution.*

68. J'AI publié dans le *Traité des Horloges Marines* la description & donné les Plans de plusieurs constructions de l'échappement à vibrations libres de ma composition, tel que je l'ai employé dans mes Horloges Marines (a). Cet échappement a rempli parfaitement tout ce que j'en attendois & qu'on en exige; cependant il restoit encore à désirer qu'il fût plus simple & d'une exécution plus facile. Nous allons présenter de nouveau l'échappement libre, avec les changemens que j'y ai fait, & tel que je l'ai appliqué à mes petites Horloges & Montres à Longitudes.

69. La figure 6, Planche IV, fait voir en perspective l'échappement libre. Il est ici représenté au moment où la roue d'échappement communique son action au balancier.

A, représente l'axe du balancier sur lequel est fixé par deux vis le cercle B d'échappement; C, est la roue d'échappement; a b c, la détente d'échappement, laquelle porte en b un talon formé en portion de cercle qui sert à suspendre l'action de la roue C, pendant que le balancier va & revient librement sur lui-même; la partie a b de cette détente est formée en

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, | Et voy. les Planches XIX, fig. 4, 5, 6 & 7;  
sa description n° 281 : & le Chapitre XII, | Planche XX fig. 2, 3, 9. Planche VIII fig.  
II<sup>e</sup> Partie, n° 967 & suiv. ; n° 1035, 1084. | 6, 7. Planche XXI fig 4.

24 DE LA MESURE DU TEMPS.

ressort très-flexible, & sur-tout à l'extrémité *a* qui est le centre de mouvement de la détente : j'appelle *détente-ressort*, (*a*) la pièce *a b c*. La partie *b c* forme proprement la détente dont le ressort *a b* est le centre de mouvement. La piate *a* de la *détente-ressort* est attachée par une vis & deux pieds sur la platine. Le ressort *d e f* fixé par une vis à deux pieds sur le cercle d'échappement, porte en *d* une cheville, laquelle agissant sur le bras *c* de la détente, dégage la roue ; c'est à ce moment que la dent de la roue agit sur la tranche *h* du cercle d'échappement, & qu'elle lui communique son action : le cercle continue ensuite de tourner de *B* en *A*, ensuite il revient sur lui-même, & alors la cheville *d* du ressort *d e*, glisse sur le bout incliné *c* de la détente, & se remet en prise pour élever de nouveau la détente. J'appelle *levée-ressort* (*b*) la pièce *d e f* ; la partie *d e* forme seulement le ressort qui doit être très-flexible, & dont le centre de mouvement est censé être fait en *e* ; la *levée-ressort* peut fléchir vers le centre de l'axe *A*, mais elle ne peut pas trop s'engager avec le bras de la détente, sa course de ce côté étant bornée par une cheville fixée au cercle *B* ; le talon d'arrêt *b* de la *détente-ressort* *a b c*, ne doit pas non plus être engagé trop avant dans la pointe de la dent de la roue, mais seulement de la quantité nécessaire pour l'arrêter sûrement. La course de la détente est ici bornée par l'ouverture *g* faite à la platine sur le fond de laquelle va battre le bout du talon *b*.

70. La figure 7, Planche IV, représente le plan de l'échappement que nous venons de décrire : *B*, le cercle d'échappement ; *C*, la roue ; *a b c*, la *détente-ressort* ; & *e f g*, la *levée-ressort*.

<p>(a) Cette <i>détente-ressort</i> tient lieu de la détente que j'employois ci-devant, &amp; laquelle étoit mise en cage par un pont, rouloit sur deux pivots, &amp; étoit pressée par un ressort. Voy. <i>Traité des Horloges Marines</i>. N° 990.</p>	<p>(b) La <i>levée-ressort</i> tient lieu de la palette que j'employois ci-devant, laquelle est mise en cage par un pont, roule sur deux pivots, &amp; est pressée par un ressort. Voy. <i>Traité des Horloges Marines</i>. N° 990.</p>
--	---

REMARQUE.

## REMARQUE.

L'échappement à vibrations libres que nous venons de décrire, est en même temps le plus simple, il est d'une exécution facile, & il a l'avantage de pouvoir être aisément appliqué aux Montres de poche : il est préférable à celui à détente & à palette que j'employois ci-devant à mes Horloges, parce qu'il a de moins le frottement de quatre pivots, & celui des points de contact des chevilles de détente & de levée : c'est par la considération de ces divers avantages que nous entrerons ci-après dans tous les détails de construction & d'exécution de ce nouvel échappement.

71. La figure 8, représente le plan de l'échappement à vibrations libres, à détente mise en cage ; c'est le même que j'ai donné *Traité des Horloges Marines*, Planche XIX, fig. 5, décrit n° 977 du même Ouvrage, auquel j'ai fait ici un très-léger changement ; c'est qu'au lieu de rendre flexible le bras droit de la détente, de manière que la cheville portée par le cercle élève ce bras-ressort par un plan incliné, j'ai placé le ressort de côté pour en obtenir l'effet du pied-de-biche employé dans mon premier modèle : voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 281. *A* est la roue d'échappement ; *B* le cercle ; *a b c* la détente mise en cage par un pont, & pressée par un ressort ; *f b* représente ce ressort : la partie *a* forme le talon d'arrêt de la roue ; *b* est l'axe ou centre de mouvement ; *b c* le bras de la détente ; & *b d* le ressort sur le bout duquel la cheville *d* du cercle d'échappement agit lorsqu'elle revient de *h* en *d* ; alors cette cheville élève la détente & dégage la roue, (parce que ce ressort appuie sur le talon *c* du bras de la détente) ; mais lorsque le balancier revient de *B* en *c*, cette cheville fait fléchir le ressort *d b* pour se remettre de nouveau en prise : la cheville *e* attachée à la platine empêche la détente de rétrograder, & le ressort *b d* cède au mouvement de la cheville *d*. Quoique cette disposition paroisse fort simple, je préfère la *levée-ressort* placée sur le cercle d'échappement ; car ce ressort étant placé sur la détente, celle-ci

D

devient trop pesante, ce qui exige plus de force dans le ressort qui la presse, & oppose par conséquent plus de résistance au mouvement du balancier : le ressort *bd* est attaché par une vis sur le centre de la détente.

*Principes de construction de mon échappement à vibrations libres, à détente mise en cage & à levée-ressort.*

72. La levée la plus convenable à (a) cet échappement est de 60 degrés.

73. La détente doit être la plus petite & la plus légère possible ; je règle sa longueur sur la distance des dents de la roue d'échappement, & place cette détente sur le plan, de sorte que le bras droit & celui qui porte le talon aient chacun la même longueur.

74. L'axe de la détente doit être placé dans la tangente de la dent qui doit poser sur le talon de cette détente, pour suspendre le mouvement de la roue.

75. La roue d'échappement doit être la plus légère possible, & ses pivots d'un petit diamètre.

76. La longueur du ressort-levée doit être réglée par la tige de la détente, à côté de laquelle il doit passer sans y toucher : par cette disposition on donne à ce ressort toute la longueur qu'il peut avoir.

77. Le bras droit de la détente doit être exactement dirigé au centre du balancier, & agir le plus près de ce centre qu'il se pourra, (*Traité des Horloges Marines*, n° 282.)

(a) Pour trouver la grandeur que doit avoir le cercle d'échappement pour que la levée soit de 60 degrés, on observera que son diamètre doit être double de la distance d'une dent de la roue d'échappement à un autre, puisque la corde de 60 degrés est égale au rayon, ou, ce qui revient au même, le rayon est contenu 6 fois dans la circonférence du cercle ; ainsi pour tracer le plan de l'échappement, on trouvera cette

distance des dents par la proportion suivante, pour une roue que nous supposons avoir 9 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, & 24 dents : 1 : 3, 1416 :: 9  $\frac{1}{2}$  : ou 9, 5 : 29, 8452, divisant ce dernier terme qui est la mesure de la circonférence, par 24, nombre des dents, on aura, à très-peu-près, 1  $\frac{1}{4}$  lignes pour leur distance ; ainsi le diamètre du cercle d'échappement devra être de 2 lignes  $\frac{1}{2}$ .

78. Le bras droit de la détente doit être accourci en exécutant l'échappement, jusques à ce qu'il n'excède pas le dedans de la cheville de la *levée-ressort*; cela donne la quantité dont la détente doit être élevée pour dégager la dent de la roue d'échappement, & en ce point les effets sont sûrs.

79. Dans mes petites Horloges la cheville de la levée peut avoir  $\frac{2\frac{1}{2}}{48}$  de lig. de diamètre.

80. Au moment où la cheville de la *levée-ressort* touche le bras droit de la détente pour dégager la roue, la *levée-ressort* doit faire un angle de 100 degrés, ou à peu près, avec la ligne qui passe par les centres de la détente & du balancier, & ce ressort ne doit être à angle droit avec la détente, qu'au moment où la cheville est arrivée au bout du bras & le quitte. Cette direction de la *levée-ressort* est nécessaire pour empêcher que la résistance que la détente oppose pour la levée, ne fasse en cet instant, écarter le *levée-ressort* vers le centre du balancier, ce qui empêcheroit de faire détendre la roue; mais dans cette position la résistance de la détente sert au contraire à faire appuyer la *levée-ressort* contre la cheville d'arrêt: ainsi toute autre direction rendroit les effets incertains.

81. La cheville de repaire du balancier doit être tellement placée, que l'entaille du cercle d'échappement se trouve dans la ligne des centres du balancier & de la roue, lorsque le balancier est arrêté. Pour cet effet, on doit, pour marquer le repaire, faire un trait au balancier vis-à-vis le 0 de la platine, au moment où la roue a produit la levée & quitte le cercle, & un autre trait lorsque la *levée-ressort*, en rétrogradant, quitte le bout du bras droit de la détente. Prenant le milieu entre ces deux traits, on aura le point du balancier sur lequel on placera une cheville. Lorsqu'elle sera vis-à-vis le 0 de la platine, le plan de la levée du cercle fera dans la ligne des centres; & en ce moment, pour peu que le balancier soit mis en mouvement, l'échappement fera en action pour entretenir le mouvement de vibration.

D 2



*De la maniere de tracer sur le calibre, l'échappement libre à détente-ressort & à levée-ressort.*

Planche IV, fig. 7.

82. Soit *A*, fig. 7, la plaque de cuivre sur laquelle on veut tracer le plan de l'échappement : cette plaque doit être faite en cuivre, bien dressée, & adoucie au charbon.

83. Je trace sur le calibre, le cercle *C* qui représente la grandeur de la roue d'échappement, laquelle doit avoir 10 dents ; je divise exactement ce cercle en 10 parties, & les points de division représentent les pointes des dents de la roue ; cela fait, des points *n* & *o* de division, & avec la même ouverture de compas qui donne la distance des dents, je forme les intersections *m*, *l* ; du point d'intersection comme centre, je trace le cercle *B* qui représente le cercle d'échappement & son diamètre, tel que la levée d'échappement soit exactement de 60 degrés. (a)

Maintenant pour tracer la détente j'observe que la roue tourne de *n* en *o*, & je prends le point de division *p* de la roue pour former son arrêt au moyen du talon de la *détente-ressort* ; de ce point & du centre *m* du cercle d'échappement, je tire la ligne *cb* qui représente le bras de la détente, & je marque le point *g* qui représente la cheville de la levée qui doit élever la détente. Cette cheville doit être placée aussi près du centre du cercle qu'il est possible, enforte cependant que ce ressort, en glissant sur le plan incliné du bras de la détente, & en se rapprochant du centre, ne puisse toucher à l'axe du balancier : cette distance est ici donnée en conséquence, ainsi elle dépend de la grosseur de l'axe du balancier. Dans ma Montre astronomique de poche, décrite Chapitre XII, le point de contact de la cheville de la *levée-ressort*

(a) Cela est évident, puisque, comme nous l'avons dit (n° 72) la corde *ab*, ou l'espace parcouru par la roue, est égal au rayon du cercle d'échappement, or on prouve en Géométrie que cet arc est de 60°.

sur le bras droit de la détente, est distant de  $\frac{7}{12}$  de lig. du centre.

84. La direction du ressort  $a b$  doit être dans la *tangente* de la dent de la roue d'échappement qui fait arrêt sur le talon de la détente, c'est-à-dire, être d'équerre avec le centre de la roue & la dent  $p$ ; ainsi en plaçant sur le calibre une équerre dont un côté passe par le centre de la roue, & que l'angle réponde au sommet de la dent, l'autre côté de l'équerre devient tangente ou perpendiculaire au rayon. Donc en tirant une ligne  $a b$  sur ce côté, on aura la direction du ressort. Pour tracer la direction du ressort-détente avec plus de précision, en sorte qu'elle soit tangente à la roue, du centre  $s$  de la roue  $C$ , fig. 7, tirez la ligne ponctuée  $s t$  qui passe par le point de division  $p$  de la dent qui doit agir sur le talon  $b$ ; de cette division qui représente l'extrémité de la dent comme centre, décrivez la portion de cercle  $t$  avec la même ouverture de compas qui forme le rayon  $b s$  de la roue: & des points  $s t$  comme centre; formez les portions de cercle  $r, v$ ; du point d'intersection  $z$ , tirez par le point de division de la dent  $p$ , la ligne  $z b$ , qui fera tangente au rayon  $b s$  de la roue. Pour régler la longueur du ressort, je prends la longueur  $p g$  ( $a$ ) de la détente & la porte en  $a$ ; de ce point  $a$  comme centre de mouvement de la détente, je décris la portion du cercle  $q$  qui formera le talon de la détente; le trait intérieur  $b$  marque l'épaisseur de ce talon; au-delà du point  $y$ , je trace la patte  $a y$  de la *détente-ressort*.

85. Enfin pour achever de tracer l'échappement il reste à marquer la direction de la *levée-ressort*: pour cet effet, je prends un *rporteur* de corne transparent: je place le centre en  $g$  qui représente la cheville du ressort-levée, le  $o^d$  sur la ligne  $g b$  du bras de la détente, & vis-à-vis  $100^d$ , je marque un point  $x$ ; de ce point à la cheville, je tire la ligne en  $e g$  qui représente la direction du ressort-levée.

(a) Pour faciliter l'exécution de la *détente-ressort*, & en assurer mieux les effets, il faut donner plus de longueur à la partie qui forme le ressort; ainsi au lieu des dimensions que je viens de donner, il faut que ce ressort ait trois fois la distance d'une dent de la roue, à partir du talon  $b$ , jusqu'à la patte  $a$ .

86. Il reste à régler la longueur de ce ressort ; le talon  $q$  de la détente est la seule chose qui le borne , parce que s'il étoit trop long il iroit y toucher : il faut donc prendre avec un compas, la distance  $m q$  du centre du cercle  $B$  au talon  $q$ , pour en former la portion de cercle  $e$  qui limite la longueur de la *levée-ressort* : cette portion de cercle  $e$  doit être en dedans du talon  $q$  du ressort-levée , afin qu'il y ait un passage aisé , & que le ressort-levée ne puisse jamais trop en approcher.

87. Je trace la portion de cercle  $e$  qui termine l'extrémité du ressort :  $f l$  est la patte , &  $h$  la place de la vis qui doit l'attacher sur le cercle d'échappement  $C$  : ce ressort est fixé sur le cercle  $C$  par une vis & deux pieds.

88. Le pont  $D$  sert à borner la course de la détente au-dessus de laquelle il passe ; il porte en dessous deux chevilles, l'une placée au bout pour arrêter la détente , & l'autre en dedans , pour empêcher que l'on ne puisse forcer le ressort.

*De l'exécution de l'échappement à vibrations libres à détente & à levée-ressort. (a).*

89. Pour exécuter sûrement & facilement cet échappement , il est à propos de tracer à part sur une petite plaque de cuivre , la roue, le cercle, la détente & le ressort-levée , par des traits fins & des points, de la même manière qu'il l'est sur le plan Planche III fig. 1 , d'après les règles prescrites ci-devant.

90. L'échappement étant ainsi tracé sur le calibre ( $b$ ) on s'en servira pour exécuter sûrement la *levée-ressort*. Pour cet effet, on percera un petit trou par le point  $o$  qui représente le centre du cercle ; un autre en  $q$ , pour la cheville de la *levée-ressort* ; un en  $m$  pour la vis ; un en  $p$  de l'extrémité du ressort-

(a) Je prends pour exemple celui de l'Horloge N° 36, Planche III. fig. 1. | les fois qu'on aura un pareil échappement à exécuter.

(b) Ce calibre étant fait, servira toutes

levée , & un en *m* pour l'extrémité de la patte. On placera sous le calibre une plaque d'acier mince & bien dressée que l'on ferrera avec une tenaille à vis ; & marquant avec un foret des points à chaque trou on aura la figure exacte de ce ressort. On tracera par ces points la figure de la *levée-ressort*.

91. On percera le trou *o* du centre que l'on fera de la même grosseur que celui du cercle d'échappement ; on percera de même celui de la vis *m* du ressort, & celui de la cheville de la levée qui ne doit être que de  $o$  lig.  $\frac{3}{48}$  au plus ; on placera le cercle d'échappement sur l'arbre lisse qui a servi à le tourner & au dessus la plaque d'acier du ressort-levée ; on percera sur le cercle d'échappement le trou de la vis de ce ressort. On fera la vis & fixant ensemble la plaque & le cercle sur le même arbre , on percera au cercle d'échappement le trou de la cheville levée ; on ôtera la vis & figurera le ressort tel qu'il est tracé sur la plaque d'acier ; on placera une cheville dans le trou du ressort levée ; cette cheville débordera en dessus pour faire effet avec la détente , & en dessous pour entrer dans le trou du cercle. On présentera le cercle ( placé sur son axe ) avec la détente , & on verra si la direction du ressort est celle prescrite , & on la corrigera au besoin ; on percera deux trous à la patte du ressort pour les pieds ; on trempera ce ressort & on le fera revenir bleu ; on adoucira ce ressort ; ensuite on affoiblira & rendra très-flexible la lame *p q* ; on adoucira cette partie de la lame.

92. Le ressort de la levée ayant la direction requise , & étant trempé & mis de force , c'est-à-dire rendu le plus foible , on ajustera la cheville de la levée , qui doit être en or ; cette cheville ne doit avoir que de  $\frac{3}{48}$  lig. de diamètre. On laissera déborder cette cheville en dessous pour entrer dans le trou de repaire du cercle d'échappement : en cet état , on percera le trou de la cheville d'arrêt de la *levée-ressort* ; cette cheville doit être placée sur le cercle d'échappement , auprès du petit rond qui porte la cheville , mais sans devoir y toucher , & elle ne doit faire qu'affleurer le dehors du ressort levée , & bien juste , afin qu'elle ne change pas la direction donnée de ce ressort ; on placera cette cheville qui doit être un peu plus grosse que

celle de la levée. Cela étant ainsi fait , on agrandira le trou de repaire fait au cercle d'échappement , pour la cheville de la levée. Ce trou doit être assez grand pour permettre le mouvement rétrograde de cette cheville , lorsque le bout supérieur de cette même cheville , agit sur le plan incliné du bras droit de la détente d'échappement : par cette disposition , le ressort de la levée ne peut pas être forcé en travaillant à l'échappement , ou en le nettoyant , parce que ce trou qui devient en ce moment de *précaution* , borne la course de la cheville , & par conséquent du ressort levée , & le garantit de tout accident.

93. La *levée-ressort* étant ainsi faite , on travaillera à la détente d'échappement ( que je suppose déjà ébauchée , & la tige mise en cage , & le ressort de détente placé. ) On taillera la roue & finira les dents : on tournera le cercle d'échappement juste de grandeur , pour qu'il passe entre deux dents sans jeu : en cet état , on limera le talon de détente , terminé par une portion de cercle concentrique à son axe , & ce talon fera juste de longueur pour entrer sous sa dent , mais sans jeu.

On limera le bras droit de la détente , de sorte que son plan passe par le centre de l'axe de la détente , & qu'étant dirigé au centre du balancier , le talon soit suffisamment en prise avec la dent de la roue d'échappement. Dans cette position , on percera & posera la cheville d'arrêt de la détente , de sorte que cette cheville étant placée , le bras droit soit exactement dirigé au centre du balancier : on marquera & percera la cheville sur laquelle doit agir le ressort de la détente. Cette cheville doit être placée , de sorte que le ressort étant dirigé au centre de la détente , il agisse sur elle , ou ce qui revient au même , il doit agir par *la ligne des centres*.

94. On fera faire les effets au ressort en le mettant de hauteur , de largeur , & d'épaisseur convenable.

Cela étant ainsi préparé , on limera le côté du talon pour ne laisser que la prise nécessaire pour assurer l'arrêt de la roue ; le dedans du talon limé en plan incliné : on diminuera la

la

la largeur du dehors du talon que l'on tiendra le plus léger possible ; on accourcira le talon pour qu'il ne fasse que déborder un peu l'épaisseur de la dent de la roue.

95. Pour achever la détente , il reste à donner la longueur nécessaire au bras droit pour opérer le dégagement de la roue. Cette longueur doit être telle que le bout du bras ne fasse qu'affleurer le dedans de la cheville de la *levée-ressort* , ou ce qui revient au même , que le talon s'écarte de la roue par la levée de la cheville d'environ l'épaisseur de la roue d'échappement , ou de  $\frac{1}{48}$  de lig. dans les petites Horloges Marines.

96. Le bout du bras droit en dehors doit être terminé en plan incliné , & convenablement pour que la cheville de la levée, lorsque le balancier rétrograde, glisse sur ce plan pour ensuite se remettre en prise avec la détente , & que lorsque le balancier revient , il s'élève de nouveau.

97. On trempera la détente , on l'adoucira , & on polira les parties agissantes. On placera à demeure sur la détente la cheville sur laquelle doit agir le ressort de détente. On *chassera* la tige sur la détente , de manière que celle-ci soit élevée à la hauteur requise pour que le bras droit réponde au milieu de la longueur de la cheville de la *levée-ressort* , & que le talon réponde aussi à l'épaisseur de la roue.

On tournera un peu le cercle d'échappement , afin que les dents de la roue aient un peu de jeu.

98. Tous les effets de la détente étant revus & bien faits , on fera tourner doucement à frottement par la pression d'une carte &c. le balancier , en sorte qu'il ne fasse qu'élever la détente pour dégager la roue , pour qu'une de ses dents appuie sur le cercle. En ce moment , on marquera sur le cercle la place de l'entaille qui doit opérer la levée de la roue sur le cercle d'échappement. Cette entaille doit correspondre à l'endroit où la dent de la roue appuie sur le cercle.

**E**

*Direction des opérations d'exécution de l'échappement libre  
à détente & à palette mise en cage.*

99. Fendre & finir la roue d'échappement.

100. Ébaucher la détente d'échappement selon qu'elle est tracée sur le plan, & d'après l'élévation de la roue & du cercle.

101. Poser le ressort de la détente d'échappement; mettre le pied; percer & poser la cheville d'arrêt de la détente d'après le plan de l'Horloge où son trou est percé.

102. Faire le passage à la platine pour le talon de la détente d'échappement & d'après le plan.

103. Nettoyer les trous & les pivots des rouleaux: remonter les rouleaux & mettre le balancier en cage.

104. Démonter toutes les pièces portées par le cercle d'échappement; mettre la roue d'échappement à sa place.

105. Présenter le cercle d'échappement sur l'axe de balancier, afin de voir combien ce cercle doit être diminué pour entrer entre les dents de la roue.

106. Tourner le cercle d'échappement de juste grandeur pour entrer sans jeu entre deux dents de la roue.

107. Le cercle ainsi placé, & fixant la roue, prendre avec le compas à verge, la longueur du bras du talon de détente d'échappement, porter cette mesure sur le talon; tracer la portion de cercle & limer en conséquence le talon qu'il faut tenir plutôt trop long, afin d'en limer petit-à-petit jusqu'à ce qu'il entre juste sous la dent pendant que la roue est retenue par le cercle. Il convient de laisser ce talon plus large qu'il n'est besoin pour former l'arrêt de la roue, afin d'avoir à en limer lorsqu'on aura posé la cheville d'arrêt de la détente.

108. Il faut tourner encore le cercle d'échappement, afin de donner le jeu convenable aux dents de la roue.

109. Remonter la palette & son ressort sur le cercle

d'échappement, & placer le cercle sur l'axe de balancier; l'attacher par ses vis.

110. Limer le devant du bras droit de détente, de sorte qu'étant dirigé au centre de l'axe de balancier, le talon de détente reste en prise sous la dent de la roue d'échappement, d'une plus grande quantité qu'il n'est besoin pour en former l'arrêt.

111. Percer & placer en conséquence le trou de la cheville d'arrêt de la détente, pour que le bras droit conserve sa direction au centre de l'axe de balancier.

112. Percer & placer la cheville du ressort de détente, de sorte que cette cheville placée, le ressort soit dirigé au centre de la détente.

113. Limer le talon de détente, & ne laisser que la prise convenable pour l'arrêt de la roue d'échappement.

114. Limer le bout du bras droit de détente, de sorte que la cheville de la palette d'échappement opere la levée convenable pour dégager la roue.

115. Achever de limer & adoucir la détente; la tremper; l'adoucir; polir le talon & le bras droit; placer la cheville pour le ressort; chasser la détente sur sa tige; & la faire entrer à la hauteur convenable.

116. Mettre la détente & son ressort en place; en cet état, marquer sur le cercle la place de l'entaille qui doit opérer la levée de la roue sur le cercle. Pour cet effet, on fait agir la palette sur la détente pour dégager la roue; en cet instant marquer l'endroit où la roue appuie sur le cercle.

117. Limer l'entaille, laquelle doit former une courbe; la présenter de nouveau, & la relimer petit-à-petit, jusqu'à ce que la dent en quittant la détente tombe juste sur l'extrémité de cette entaille pour opérer la levée.

118. Tremper le cercle, & polir le plan; adoucir les faces, &c.

119. Marquer la cheville de renversement: Pour cet effet, faire tourner le balancier jusqu'à ce que la roue ait opéré la levée: marquer un trait vis-à-vis du 0 de la platine;



36 DE LA MESURE DU TEMPS.

faire rétrograder le balancier jusqu'à ce que la cheville de la palette soit remise en prise avec le bras droit de la détente ; marquer un autre trait vis-à-vis le 0 ; prendre le milieu de ces deux traits faits au balancier : c'est la place de la cheville de renversement.

*Remarque & observations sur l'échappement à vibrations libres appliqué aux Montres à Longitudes à vibrations promptes, & aux Montres de poche.*

120. L'échappement à vibrations libres que nous avons décrit ci-devant, remplit parfaitement ses effets, & on peut l'exécuter facilement lorsque le balancier fait des vibrations lentes, comme 2 ou 4 par secondes. Mais il devient plus difficile dans les montres qui font 6 vibrations par seconde. C'est par cette raison que je dois ajouter à ce Chapitre quelques observations pour servir de guide aux Artistes qui voudront en faire l'application aux montres à vibrations promptes.

121. 1<sup>o</sup>. La cheville de la *levée-ressort* portée par le cercle d'échappement ne doit élever la détente, ou la *détente levée*, que de la quantité nécessaire pour que la dent de la roue d'échappement échappe sûrement de dessus le talon qui suspend le mouvement de la roue (*a*) ; & aussitôt que la roue est échappée, il faut que la détente quitte la cheville, & qu'elle retombe promptement, afin que son talon ait repris sa place pour suspendre de nouveau l'action de la roue : cela doit s'exécuter avant que la dent qui agit sur le cercle d'échappement soit parvenue à l'extrémité de ce cercle, & qu'elle le quitte. Car si la détente ne retombe pas assez

(*a*) Et pour que les effets de l'échappement se fassent en un tems très-court, le talon de la détente ne doit engrener dans la roue que de la quantité requise pour suspendre sûrement l'action de la roue, pendant que le balancier oscille librement ; dans mes Montres à longitudes, cet engrenement du talon est d'environ  $\frac{1}{12}$  de ligne.

vîte pour recevoir la dent de la roue , celle qui est située vers *n*, Planche IV, fig. 7, retomberoit sur la circonférence du cercle , & causeroit un frottement très-nuisible , & la dent courroit le risque d'être courbée à la rencontre de l'entaille du cercle d'échappement : cet effet très-nuisible peut surtout avoir lieu lorsque le balancier décrit de très-grands arcs de 300 degrés , par exemple , sa vîtesse en est encore plus grande , & par conséquent il est nécessaire que la détente retombe plus promptement.

122. 2°. Pour prévenir le défaut essentiel dont nous venons de parler , il faut que la détente d'échappement soit très-courte & fort légère , afin qu'elle retombe promptement sans exiger trop de force dans le ressort qui la ramene : c'est pour cette raison que les détentes des Horloges N<sup>os</sup> XXXVI & XXVII ne pesent avec leur tige que un grain , ou la soixante-douzième partie d'un gros : car si cette détente est trop pesante , il faut pour la faire retomber avec la vîtesse requise , que le ressort qui la presse soit plus fort , ce qui cause plus de résistance au mouvement de balancier , & des frottements nuisibles aux points de contact des détentes.

123. 3°. Dans une Montre qui fait six vibrations par seconde , le ressort de la détente est nécessairement plus fort , afin de faire retomber assez promptement & sûrement la détente. Le seul obstacle de cette force du ressort est celui d'augmenter le frottement des points de contact de la détente ; car par rapport au plus de résistance qu'elle oppose au mouvement du balancier , il n'en peut résulter aucune erreur ; cette résistance étant toujours la même ; mais pour empêcher ou au moins diminuer les frottements des points de contact par la levée ; il faut que le bout du bras de la détente soit trempé de toute sa force : & au-lieu d'employer une cheville de cuivre ou d'or pour la *levée-ressort* , il faut que le bout du *ressort-levée* porte un talon d'acier pour tenir lieu de la cheville , & que ce talon figuré convenablement soit trempé de toute sa force. C'est de cette

manière que j'ai fait exécuter l'échappement de la Montre astronomique portative décrite Chap. XII.

124. 4°, La *levée-ressort* d'échappement n'a pas comme le ressort de la détente une force limitée & donnée : elle peut être rendu la plus foible possible, sans qu'il en puisse résulter aucun défaut, il suffit que par aucunes secouffes elle ne puisse s'écarter de la cheville d'arrêt qui en fixe le chemin.

125. Pour bien entendre cet échappement, il est nécessaire d'étudier avec beaucoup d'attention sa construction & la nature de ses effets; & pour le juger il faut l'exécuter; c'est peut-être même le seul moyen d'entendre parfaitement les détails dans lesquels nous sommes entrés dans ce Chapitre, & je pense que l'échappement à vibrations libres est très important pour la justesse constante, non-seulement des Horloges à Longitudes, mais particulièrement des Montres de poche : c'est sur-tout en faveur des Artistes amateurs des bonnes Montres, que j'ai donné plus d'étendue à cet article, & que je l'ai traité avec plus de détails.

126. L'échappement à vibrations libres à *détente-ressort* décrit (N° 69), peut être facilement appliqué à une Montre de poche : car, dans une telle machine, dont les pivots de balancier roulent dans des trous, le balancier est nécessairement léger, & d'un petit diamètre; & dès lors il est plus convenable de lui faire battre quatre vibrations par seconde : avec ces vibrations, les effets de l'échappement s'exécuteront facilement & très-sûrement. Et comme le ressort détente peut être très-foible, il n'est pas nécessaire de pratiquer un talon d'acier à la *levée-ressort* : une simple cheville de cuivre devient suffisante, sans craindre qu'elle puisse s'user : le balancier faisant 4 vibrations par secondes, & employant l'échappement à vibrations libres, l'aiguille battra les demi-secondes, ce qui est plus commode pour la plus part des personnes qui veulent des Montres à secondes.

127. Le ressort de la détente doit être fait en fouet le plus fort en *b* Planche IV, fig. 7, & allant en diminuant vers *a* qui est censé être, & qui est en effet le centre de mouve-

ment de la détente  $abc$ ; de même le *ressort-levée* doit être fait en fouet de  $g$  en  $e$ , le plus fort en  $g$ , & le plus foible vers  $e$ , centre de mouvement de la *levée-ressort*  $gef$ .

128. Enfin, pour mieux assurer les effets de l'échappement à vibrations libres à détentes, & indépendamment de la force du ressort qui la fait retomber, on peut ajouter une pièce ou bras de précaution à la détente; ce bras, au moment où la détente dégage la roue d'échappement, entrera dans une entaille du cercle d'échappement; & dès l'instant que la détente retombera, le plan incliné du cercle écartera le bras & ramènera le talon de la détente, pour recevoir la dent avant que celle-ci ait quitté l'entaille de levée du cercle.

129. La fig. 8, Planche IV, représente la disposition à donner à l'échappement à détente, pour assurer les effets de l'arrêt de la roue d'échappement:  $bg$  est le bras de précaution fixé en  $b$ , par la même vis du ressort  $bd$ , & par l'axe. Le bout angulaire  $g$  doit se présenter à l'entaille  $h$ , au moment où la cheville  $d$  élève la détente, & lorsque la détente retombe, le plan incliné  $h$  du cercle  $B$ , écarte le bras  $g$  pour faire rentrer le talon  $a$ , avant que la dent  $i$  ait quitté l'entaille d'impulsion  $l$  du cercle, en sorte que, par cette pièce de précaution  $bg$ , la dent  $m$  de la roue doit nécessairement retomber sur le talon  $a$  de la détente, quand même le ressort  $f$  n'auroit pas fait retomber la détente avec assez de vitesse: au reste, en employant dans l'exécution de l'échappement à vibrations libres à détentes, les soins & attentions que j'ai indiqués ci-devant, l'addition de cette pièce de précaution devient inutile, car je n'en ai pas fait usage dans huit Horloges à Longitude, où cet échappement est employé avec des vibrations très-promptes, 6 par seconde, & cependant les effets sont très-assurés.

## CHAPITRE V.

*Du Ressort moteur des Horloges à Longitude. Des moyens de rendre sa force constante ; de calculer la force du ressort ; de trouver le diametre de la fusée, &c.*

130. **L'**EFFET le plus nuisible dans un ressort, est le frottement des lames ; l'inégalité de force de la lame , ou bien la mauvaise qualité de l'acier & de la trempe le rendent aussi défectueux : mais par rapport au frottement le moyen de le prévenir autant qu'il est possible , c'est de tenir la lame plus épaisse du milieu , & il faut pour cela que le ressort ne soit pas trop large , & que la lame ait une certaine épaisseur.

131. Une observation qu'il est important de faire pour les ressorts d'Horloges à Longitude, dans lesquelles leur perfection est d'une si grande importance pour la justesse du mouvement , c'est qu'il faut adopter une moindre quantité de force motrice ; car un grand ressort ne peut être exécuté que par les faiseurs de ressort en Pendule ; cette sorte d'ouvriers est incapable de les exécuter avec la perfection requise ; & l'acier qu'ils emploient n'est pas assez fin, parce que les ressorts seroient trop sujets à casser : il vaut donc mieux avoir une moindre quantité de force , & faire exécuter les ressorts par les ouvriers qui les font en Montres. Tels sont les ressorts employés à ma première Montre Marine ; mais dans le cas où il seroit nécessaire d'avoir une force motrice plus grande , il seroit plus convenable d'employer deux petits ressorts dans le même barillet , comme je l'ai pratiqué dans ma Montre Astronomique Marine, (N<sup>o</sup> 1). Voy. ci-après Chapitre IX.

*Qualités*

*Qualités requises dans un ressort.*

132. 1°. D'avoir le moins de frottement possible.

133. 2°. De n'être point sujet à casser.

134. 3°. De conserver constamment la même force.

135. Quant à la première condition j'observe que la lame du ressort doit être étroite, car plus elle sera large, plus l'épaississement des huiles aura de prise, & par conséquent plus les spires s'attacheront l'une sur l'autre.

136. Pour le second article, il faut, comme je le pratique, que le ressort ne soit jamais dans un état forcé; pour cet effet, il faut qu'il reste au moins trois tours de reste lorsque la fusée est remontée tout au haut.

137. Enfin, pour remplir la troisième condition, cela dépend particulièrement de l'acier que l'on emploie pour la fabrication du ressort, & de la manière dont il est trempé; mais on parvient encore à empêcher qu'un ressort ne se *rende*, quoiqu'il n'ait pas ces deux qualités au point qu'on le desire; c'est lorsque le ressort ne se trouve pas dans un état forcé.

*Des épreuves servant à trouver la quantité de force motrice pour les arcs donnés que doit décrire le balancier.*

138. La force motrice d'une Horloge à Longitude dépend de l'étendue des arcs que le balancier doit décrire pour que ces arcs étant un peu plus grands, ou un peu plus petits, ils soient cependant d'égale durée. Or cette force devient par là limitée par l'étendue des arcs propres à l'isochronisme. Pour déterminer la force motrice qui est requise dans une Horloge à Longitude à ressort, je fais d'abord marcher l'Horloge avec différents poids, & ne fais aucun usage pour cela, ni du ressort, ni de la fusée qui ne sont pas même placés dans le mouvement, lors de ces épreuves. Pour donc

F

suppléer au ressort, j'ajuste sur le quarré de la fusée un cylindre portant un canon dont le trou quarré entre sur le quarré de fusée; sur le cylindre est enveloppé une corde à boyau qui passe sur une poulie de renvoi attachée au dehors du tambour de l'Horloge : cette corde sert à y attacher différents poids, selon qu'il en est besoin pour les divers arcs à faire décrire, pour parvenir à trouver le point isochrone du spiral; le point trouvé, je calcule combien le balancier doit peser pour que l'Horloge soit réglée, je diminue ou augmente en conséquence le poids du balancier, & je règle l'Horloge sans toucher au spiral; mais seulement par le poids du balancier & de ses masses: je fais de nouveau marcher l'Horloge en ajoutant ou ôtant du poids moteur la quantité requise pour faire décrire au balancier les arcs par lesquels il a été reconnu que ses vibrations inégales sont isochrones. J'ai donc alors la mesure de la force motrice, & je trouve par là quelle doit être la force du ressort pour être égale au poids d'épreuve.

139. Pour n'être pas obligé d'employer un trop grand poids pour ces épreuves, j'ai fait le cylindre de 24 lignes de diamètre y compris le demi-diamètre de la corde. Or comme le levier à égaliser les fusées est gradué pour une force distante de 48 lig. du centre, la pesanteur du poids moteur trouvée par les épreuves de l'Horloge sera par conséquent 4 fois plus grande qu'elle ne doit être avec le levier, puisque le rayon du levier est quatre fois plus grand que celui du cylindre. Si donc le poids donné par les épreuves est de 36 onces avec le cylindre de 12 lig. de rayon, il ne sera que de 9 onces avec le levier de 48 lig. de rayon.

140. La force du ressort étant donnée, je fais exécuter le ressort en conséquence, & fais augmenter ou diminuer sa force, ou changer le diamètre de la fusée, jusqu'à ce qu'il *tire* avec le levier le nombre donné. De cette manière, je ne suis point obligé de démonter le mouvement à plusieurs fois: car pour amener le ressort de la fusée aux mesures données, on n'a besoin que de la cage du rouage; du barillet; de la fusée

& du levier : au lieu qu'autrement on seroit obligé de démonter le mouvement à chaque fois qu'on auroit changé le ressort, opération longue & pénible.

141. J'emploie encore l'équipage du cylindre & de la poulie de renvoi, pour répéter les épreuves de l'isochronisme, lorsque le grand ressort est fait ; & que l'Horloge est polie & remontée à demeure. Mais alors, je fais agir la corde du cylindre dans un sens opposé à celui où tourne la fusée, afin de diminuer l'effort du ressort moteur, & de faire décrire de plus petits arcs que ceux qu'il produit naturellement. L'équipage dont nous venons de parler, est représenté Planche VII, fig. 2 & 3, & décrit Chapitre XVIII.

*De l'épreuve des ressorts pour savoir si, sans se servir de la fusée, ils ont la force convenable.*

142. Un ressort moteur étant exécuté, on peut connoître s'il est de force convenable sans employer la fusée, ni mettre le barillet en cage. Car en attachant l'arbre de barillet à l'étau, & attachant une corde à boyau à sa circonférence, & suspendant des poids à la corde, jusqu'à ce que le ressort ayant un tour de bande, les poids soient en équilibre avec lui, on trouvera par le calcul quel devra être le diamètre de la fusée, pour que le levier à égaliser, soit d'équilibre avec le même ressort. Pour cet effet, on observera que, pour l'équilibre, les poids ou forces sont en raison inverse des rayons ou leviers. Or le nombre de degrés du levier étant donné pour la force motrice de l'Horloge, on trouvera quel doit être le diamètre de la fusée, pour que le levier soit en équilibre avec la force du ressort à un tour de bande?

P R E M I E R E X E M P L E.

143. Si donc un ressort ayant un tour de bande, fait équilibre à 46 onces, & que par les épreuves avec le poids.

F 2



#### 44 DE LA MESURE DU TEMPS.

d'essai, le ressort doit tirer 5 onces  $\frac{1}{2}$  du levier de 48 lig. de rayon, on aura la proportion suivante.

46 onces : 5 onces  $\frac{1}{2}$  :: 48 :  $x = 5 \text{ lig. } \frac{14}{4}$  qui sera le rayon de la fusée.

#### S E C O N D E X E M P L E.

144. Le diamètre de la fusée étant donné, ainsi que la force motrice qui doit être en équilibre avec le levier à fusée, trouver quelle doit être la force du ressort moteur à la circonférence du barillet.

145. Si le ressort doit tirer 5 onces  $\frac{1}{2}$  avec le levier à fusée de 48 lig. de rayon, & que le diamètre de la fusée soit de 11 lig.  $\frac{1}{2} = 5 \text{ lig. } \frac{3}{4}$  rayon. Pour trouver la force du ressort à la circonférence du barillet, on aura la proportion

$5 \frac{3}{4}$  lig. rayon : 48 lig. rayon :: 5  $\frac{1}{2}$  onces :  $x = 45 \frac{21}{3}$  onces.

La force exercée à la circonférence du barillet, ou, ce qui revient au même, à la base de la fusée, doit être de 45 onces  $\frac{21}{3}$  : c'est la quantité que tire en effet le ressort de l'Horloge N° 31, pour laquelle ce calcul est fait.

146. On doit employer cette méthode, qui est sûre & simple, & sans être obligé de remonter le barillet & la fusée, & de tâtonner, comme on fait, la force du ressort, le diamètre de la fusée : & on peut faire exécuter par les faiseurs de ressorts, des ressorts qui seront à coup sûr de force, en leur indiquant le poids qui étant attaché à une corde placée à la circonférence du barillet fasse équilibre avec le ressort, lorsque celui-ci a un tour ou un demi-tour de bande.

147. Pour trouver la force du ressort à la circonférence du barillet de l'Horloge N° 26, dont le levier à fusée doit tirer 8 onces, la fusée ayant 15 lig. de diamètre, à la base : on fera la proportion.

$7 \frac{1}{2}$  lig. rayon : 48 lig. rayon :: 8 onces :  $x = 51 \frac{3}{15}$  onces.

D'où il suit que le ressort de N° XXVI, doit tirer 51 onces  $\frac{3}{15}$ , à la circonférence du barillet.

TROISIEME EXEMPLE.

148. La force d'un ressort moteur étant donnée à la circonférence du barillet, & le diametre de la fusée étant aussi donné, trouver combien ce ressort tirera sur le levier de 48 lig. de rayon, afin de régler d'après ces données les dimensions du régulateur. Soit un ressort qui, à demi tour de bande, fasse équilibre avec 32 onces à la circonférence du barillet, & dont la fusée doit avoir 11 lig. de diametre = 5 lig.  $\frac{1}{2}$  de rayon, on aura la proportion

$$48 \text{ lig. rayon} : 5 \frac{1}{2} \text{ lig. rayon} :: 32 \text{ onces} : x = 3 \frac{3}{8} \text{ onces.}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 5 \frac{1}{2} \\ \hline 160 \\ 16 \\ \hline 176 \end{array} \left| \begin{array}{r} 48 \\ 32 \end{array} \right. 3 \frac{3}{8}$$

Ainsi le levier à fusée étant d'équilibre avec le ressort moteur à  $\frac{1}{2}$  tour de bande, marquera 3 degrés  $\frac{2}{3}$ , c'est-à-dire, que le ressort tirera 3 onces  $\frac{2}{3}$ .

*De la maniere de déterminer à coup sûr le diametre & la figure de la fusée.*

149. Pour trouver promptement & sûrement la figure d'une fusée & son diametre, il faut employer une fusée d'essai.

*Méthode de calcul.*

Si la fusée d'essai a 10 lignes de diametre, & tire 8 onces, par exemple : pour qu'elle tire 6 onces, on fera la proportion, 8 : 6 :: 10 lig. : x =  $\frac{6 \cdot 10}{8} = 7 \text{ lig. } \frac{1}{2}$  que la fusée devra avoir de diametre.

## 46 DE LA MESURE DU TEMPS.

Si le ressort doit tirer 9 onces, & que la fusée d'essai en donne 8, on fera la proportion.

$$8 : 9 :: 10 : x = \frac{90}{8} = 11 \text{ lig. } \frac{1}{4}.$$

On trouvera de même les diamètres du sommet & de la base : & si la base de la fusée a 12 lignes de diamètre, & que le ressort tire 7 onces  $\frac{1}{2}$ , & qu'il doive en tirer 8, on aura  $7 \frac{1}{2} : 8 :: 12 : x = 12 \text{ lig. } \frac{8}{10}$  :

*Moyen d'affoiblir un grand ressort trop fort, sans en faire un autre, ni toucher à la fusée.*

150. Lorsque l'on a déterminé la quantité de force motrice, requise pour l'étendue des arcs de vibration qui sont propres à l'isochonisme, il faut que cette force motrice soit exactement de la quantité donnée. J'ai déjà dit que l'on peut arriver à ce point de précision par la fusée ; mais j'ai fait usage d'un moyen plus simple, lorsque le ressort étoit trop fort : c'est le même que j'ai imaginé pour plier les ressorts spiraux. *Traité des Horloges Marines*, N<sup>o</sup> 173 : c'est de bander le ressort sur l'outil à remonter les ressorts, & de le faire chauffer en cet état forcé, afin que les spires se resserrent en forme de spiral : ce moyen m'a très-bien réussi. Voilà donc un troisième moyen de donner au ressort moteur la force requise, quand il est trop fort, & ce moyen est préférable à celui de le faire affoiblir par le faiseur de ressorts ; il perd nécessairement de sa qualité.



## CHAPITRE VI.

*Horloge à Longitude, N° XXIV (a) à ressort, construite à dessein de suppléer les grandes Horloges à poids.*

151. **L**ES Horloges Marines à poids Nos 8, 18 & 19, que j'ai exécutées pour le compte du Roi, sont de très-bonnes machines; elles ont un régulateur puissant; les frottements & les résistances des huiles sont réduites à la plus petite quantité: les ressorts spiraux réglants de ces machines, sont isochrones: Ces ressorts sont trempés pliés & d'une trempe parfaite, en sorte que leur force & leur élasticité est constante ainsi que leur figure. Mais avec tous les avantages que j'ai réunis dans la construction & dans l'exécution de ces machines, comme elles sont à poids, leur volume est si grand que, dans les circonstances actuelles de la guerre (en Mars 1780) toutes parfaites qu'elles sont, il n'est pas possible d'en faire usage, soit par la difficulté du transport par terre, soit parce que de si grandes machines peuvent être plus sensibles à l'effet de l'artillerie: ce sont ces considérations qui m'ont engagé à construire des Horloges à ressort assez exactes pour suppléer les grandes Horloges à poids, & servir comme celles-ci à la rectification des Cartes, en faisant usage de la *Table composée des arcs & de la température*. Tel est l'objet que j'ai eu en vue dans la composition de l'Horloge N° XXIV dont nous allons traiter.

(a) Cette Horloge fut commencée en 1780, & terminée en 1782. Elle est actuellement aux Indes; elle a été embarquée en 1784, avec l'Horloge N° XXIII, sur le Vaisseau commandé par M. le Comte de Rosily.

*Des moyens de construction que j'ai employés dans l'Horloge N° XXIV, pour rendre cette machine plus parfaite.*

152. 1°. En réduisant l'Horloge au plus petit volume, en conservant cependant un régulateur puissant.

153. 2°. En disposant le rouage de sorte que les roues & les pignons soient placés, autant qu'il est possible, à égale distance des pivots : moyen également utile pour égaliser les frottements & les réduire à la plus petite quantité, puisque par là les pivots peuvent être plus petits.

154. 3°. En donnant au pignon de minutes un plus grand diamètre, afin que les ailes ou dents soient assez solides pour ne pouvoir être cassées dans le cas où on remonteroit l'Horloge en *tournant à rebours*; par ce moyen on est dispensé d'employer la *clef à remontoir*, employée dans l'Horloge N° 8, *Traité des Horloges Marines*, page 574.

155. 4°. En plaçant sous tous les pivots inférieurs tant du rouage que du régulateur, des coquerets d'acier sur lesquels portent les bouts des pivots, afin d'éviter le frottement nuisible des portées qui souvent creusent les platines.

156. 5°. En recouvrant tous les trous supérieurs des pivots du rouage portés par la platine cadran, afin de garantir ces pivots de la poussière.

157. 6°. En disposant de la manière la plus sûre, l'échappement à vibrations libres, & en simplifiant cet échappement autant qu'il est possible. Pour cet effet, j'ai substitué un simple ressort à la palette, & en place de la détente, j'ai employé un simple ressort qui remplit l'effet de la détente : en sorte que j'ai supprimé deux ponts, deux tiges, & quatre pivots : cet échappement a déjà été décrit, Chap. IV. n° 69.

158. 7°. En rendant les effets de la compensation plus certains : pour cet effet, j'ai appliqué des rubis aux points de contact des leviers, parce que j'ai reconnu, par l'usage des Horloges

Horloges que les parties d'acier sur lesquelles les bouts des vis agissoient s'étoient creusées.

159. 8°. En disposant une détente qui suspend toute l'action des leviers de compensation pendant le transport de l'Horloge ; car les points de contact souffroient dans le transport des Horloges par terre : cette détente soutient également le balancier, empêche que le ressort de suspension ne soit fatigué, & que le balancier ne puisse tourner.

160. 9°. J'ai appliqué à ces machines le compensateur isochrone (a) pour ramener les arcs à l'isochronisme, dans le cas où le spiral n'auroit pas rigoureusement cette propriété.

161. 10°. Toute cette machine est tellement disposée que l'on peut faire par son moyen usage de la table des arcs avec autant de sûreté qu'avec une Horloge à poids, soit par la perfection du rouage, engrenage, &c, que par la nature de son ressort moteur égalisé par la fusée.

162. 11°. Pour rendre la compensation plus sûre j'ai réduits les frottements, en faisant rouler les bouts des pivots inférieurs du levier & du pince-spiral sur des coquerets d'acier.

163. 12°. J'ai disposé tout ce qui concerne le régulateur dans une cage particulière qui porte en même-tems la roue d'échappement, & l'échappement : le rouage, le moteur, & la fusée sont placés dans une cage séparée. Cette construction est plus avantageuse, parce que l'on peut travailler séparément à ces deux parties de l'Horloge.

164. 13°. La cage du régulateur est formée par quatre piliers d'acier, & le pont de suspension du balancier est également d'acier, afin que les dilatations du ressort de suspension & de l'axe de balancier étant les mêmes que celle de la cage, le spiral reste toujours dans son état de liberté. Un des piliers d'acier de la cage du régulateur se démonte pour placer le balancier dans la cage, laquelle reste parfaitement solide, quoiqu'elle soit fendue jusques à son centre pour le passage de l'axe du balancier.

(a) Décrit ci-devant, Chapitre I.

*Description de l'Horloge à Longitude, N° XXIV.*

165. Cette Horloge est horifontale : la force motrice est un ressort égalisé par une fusée : le balancier est suspendu par un ressort, il est placé au centre des cages ; il fait deux vibrations par seconde, & l'aiguille bat les secondes ; l'échappement est à vibrations libres ; la compensation du chaud à du froid est produite par un chaffis.

*Planche 1<sup>re</sup>, fig. 1.*

166. La figure 1 fait voir en profil le mouvement de l'Horloge ; le chaffis & le mécanisme de compensation n'y sont pas représentés, cette partie ayant suffisamment été détaillée dans le *Traité des Horloges Marines*. Ce profil indique seulement la disposition des cages & les élévations du rouage & du régulateur.

167. Ce mouvement est composé de quatre platines formant trois principales cages : la première, qui est la supérieure, est la cage du rouage : la seconde contient l'échappement ; la troisième contient le balancier & les rouleaux ; le dessous de celle-ci porte le mécanisme de compensation. Outre ces trois cages, il y en a deux autres plus petites qui sont comprises dans la cage du régulateur : ce sont les cages des rouleaux.

168. La première platine *A, A*, est la platine cadran ; elle porte quatre piliers de cuivre qui, assemblés avec la seconde platine *B B*, forment la cage du rouage ; *C* est la roue de fusée qui engrene dans le pignon *a* de minute : la roue *C* porte à son centre un pignon *b, b*, qui mene la roue des heures *D*, dont le pivot prolongé *c* porte l'aiguille des heures. Entre le rochet auxiliaire *E*, porté par l'axe de la fusée, & la roue *C* de fusée, est placé le ressort qui fait marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte. Nous n'avons pas développé ici ce mécanisme qui a été suffisamment détaillé,

PREMIERE PARTIE, CHAP. VI. 51

*Traité des Horloges Marines.* (Voy. Planche XV, fig. 5, 6, 7, 8, & la description, n<sup>o</sup> 811); le pignon *a* porte le pivot prolongé sur lequel est ajusté l'aiguille de minutes. La roue de minutes *F* engrène dans le pignon *e* de la roue moyenne *G*; celle-ci engrène dans le pignon *f*, dont le pivot prolongé *g* porte l'aiguille de secondes: la roue de secondes *H* engrène dans le pignon *h*, sur le bout de la tige duquel est fixée la roue d'échappement *I*; celle-ci communique son mouvement au cercle d'échappement *K*, fixé sur le bout de l'axe du balancier *L L*; le bout inférieur de cet axe porte le spiral.

169. Sur la quatrième platine *N, N*, sont rivés trois piliers d'acier 1, 2, 3. Ces piliers portent par en haut chacun une double baze 2, 2, qui sert à recevoir la platine *O O*: & les portées 3, 3 appuient contre la platine *B, B*, pour lier par le moyen des pivots 4, 4, la cage du rouage avec celle du régulateur, de façon à pouvoir séparer ces cages l'une de l'autre sans rien démonter de ce que chacune d'elles contient.

170. Le pivot supérieur *i* de la roue d'échappement *I*, roule dans le trou d'un pont qui est attaché sur la platine *O, O*: ce pont n'est pas ici représenté, non plus que celui du ressort de suspension du balancier. Leur place est tracée sur le plan, fig. 2: le dessous de la platine *B B* porte le pont *P* de la fusée.

171. La platine *Q, Q* porte trois piliers de cuivre qui s'assemblent avec la platine *N, N*, pour former la cage des trois rouleaux inférieurs 5, 6, 7, entre lesquels le pivot de l'axe de balancier roule; la platine *R, R*, porte de même trois piliers de cuivre qui s'assemblent avec la platine *O, O*, pour former la cage des trois rouleaux supérieurs 8, 9, 10; le pivot supérieur de l'axe de balancier tourne entre ces trois rouleaux; les ponts *l, m, n* reçoivent les pivots des rouleaux, afin d'égaliser les frottements en plaçant le rouleau à égale distance de ses pivots; *S* est le carré de fusée.

172. Les figures 2 & 3 représentent le plan de l'Horloge tel qu'il doit être tracé sur une plaque de cuivre qui soit de la grandeur de la platine-cadran. Toutes les pièces quel-



## 52 DE LA MESURE DU TEMPS.

conques de l'Horloge doivent être tracées sur les deux côtés de cette plaque.

173. *A, A*, figure 2, représente le dehors de la platine-cadran : *C* la roue de fusée ; *D* la roue des heures ; *b* le pignon qui la conduit, lequel pignon est rivé sur la roue *C* de fusée : *L* est le rochet d'encliquetage de la fusée : *M* le crochet de fusée : *N* le plot du garde-chaîne *d*, dont *g i* est le ressort : *P* est le cliquet du rochet auxiliaire de la fusée ; *a* le pignon de minutes, & *F* la roue ; *e* le pignon de roue moyenne, & *G* sa roue ; *H* la roue de secondes, *f* son pignon ; *I* la roue d'échappement, *h* son pignon, & *K* le cercle d'échappement : *O, O* est le barillet : *Q* est le cadran des heures, *R* celui des minutes, & *S* celui des secondes.

### *Effet de l'Echappement, & sa description.*

174. *l m n* représente la *détente-ressort* d'échappement, laquelle porte en *n* un talon ou portion de cercle qui suspend l'action de la roue d'échappement *I*, pendant que le balancier va & revient librement sur lui-même : la *levée-ressort* *p x q*, fixée avec une vis sur le cercle d'échappement *K*, porte en *p* une cheville, qui agissant sur le bout *m* de la *détente-ressort*, dégage la roue pour qu'elle communique son action au balancier : pour cet effet, l'entaille *f* du cercle d'échappement se présente à une dent de la roue, & celle-ci lui donne son impulsion : le cercle d'échappement continue de tourner de *m* en *K*, ensuite il revient sur lui-même, & la cheville de la *levée-ressort* *p x* glisse sur le bout incliné du bras droit *m n* de la *détente-ressort*, parce que ce ressort *p* peut fléchir vers le centre *t* de l'axe du balancier ou du cercle *K*, mais il ne peut pas trop s'engager avec le bras de la détente *n m*, sa course étant bornée par la cheville *u* que porte le cercle *K* d'échappement : le talon *n* de la *détente-ressort* ne doit être engagé avec la pointe de la dent de la roue, que de la quantité nécessaire pour l'arrêter sûrement ; sa course doit être également bornée du côté de la roue

d'échappement par une cheville d'arrêt, de même qu'on le voit pour la *levée-ressort* ; cette cheville n'est pas ici représentée, mais on peut se la figurer portée par un petit pont qui doit être placé entre *m* & *n*.

175. *T h* est le pont de la roue d'échappement *I* ; *V t* le pont de suspension du balancier, & *Y t* le pont de précaution pour empêcher le balancier de remonter & de faire casser son ressort de suspension : 2 3 4 sont les ponts des rouleaux supérieurs ; ces ponts sont attachés sur le dessus de la troisième platine (*O, O*, fig. 1) : 5, 6, 7, 8 sont les quatre piliers de la cage du rouage : 7 7 est le bras de la détente placé en dehors de la platine-cadran pour arrêter le balancier : 9, 10, 11, 12 sont les pivots des piliers d'acier de la cage du régulateur qui passent à la deuxième platine (*B, B*, fig. 1.)

176. La fig. 3, représente le plan du régulateur & du mécanisme de compensation, ou la platine *N, N* (fig. 1) vue en dehors : *L, L* est le balancier ; *Q, Q* la platine inférieure des rouleaux : cette platine doit être graduée en dessus en degrés du cercle pour voir l'étendue des vibrations du balancier ; *R, R* est la platine des rouleaux supérieurs : 5, 6, 7 sont les rouleaux de la cage inférieure, & *l, m, n* leurs ponts. Les rouleaux de la cage supérieure sont correspondants à ceux-ci, mais ils ne peuvent être vus dans le plan, le profil, fig. 1, les indique : 9, 10, 11, 12 marquent la position des quatre piliers d'acier de la cage du régulateur ; & 13, 14, 15, celle des piliers des cages des rouleaux : 16, 17, 18, 19 marquent la position des pivots des quatre piliers de la cage du rouage.

177. *A B* fait voir le châssis de compensation, & *C* le pont sur lequel il est fixé : *a b c* le levier de compensation ; *b* est son centre de mouvement ; *a* le petit levier portant la partie arrondie qui pose sur le bout du châssis, & *c* le bout du grand levier qui agit sur la vis *f*, portée par la boîte du pince-spiral *d e f* : *D c* est le pont du pince-spiral, *e* la boîte du pince-spiral dont le bout est terminé en fente pour le passage du spiral. Je ne m'arrête pas aux divers

54 *DE LA MESURE DU TEMPS.*

effets du mécanisme de compensation ; j'ai donné dans le *Traité des Horloges Marines* tous les détails de cette partie également développée dans les figures de cet Ouvrage : je dois être dispensé de les répéter ici.

178. *EF* est le piton du spiral portant quatre vis pour le caler ; *F* est la mâchoire qui fixe le bout extérieur du spiral : *g* la vis de pression qui le fixe à la platine : *g h* le ressort qui sert de virole, & dont l'effet est qu'en ferrant la vis pour fixer le piton, la partie *g* du ressort ne fasse qu'appuyer sur le piton sans pouvoir le faire tourner : ce piton est vu en perspective, fig. 4.

179. La pièce *GHic*, représente la détente qui sert à arrêter le balancier pour le transport de l'Horloge, & en même-tems sert à arrêter le pince-spiral, de sorte qu'il ne puisse pas être cahoté : *G* est le centre de mouvement de la détente : *GH* le bras qui porte une cheville pour appuyer sur le balancier *L*, *L* en *p*, ce qui l'empêche de tourner : *Gc* le bras qui souleve le balancier par son assiette pour préserver le ressort de suspension du balancier de toute secousse, & *Gi* le bras qui appuie sur le grand bras du levier *bc* de compensation, pour arrêter le pince-spiral pendant le transport de l'Horloge.

*Dimensions de l'Horloge à Longitude, N° XXIV.*

180. Le tambour a 6 pouces de hauteur en dedans, son diamètre 4 pouces 9 lignes.

Le diamètre des platines 52 lignes, épaisseur 1 ligne ; les plus minces des grandes  $\frac{1}{12}$ .

La hauteur des piliers, cage, rouage, 15 lig.

Piliers d'acier, cage, régulateur, 20 lig.  $\frac{1}{2}$ .

Cage, balancier, 15 lig.

Le corps a de diamètre, 4 lig.  $\frac{3}{12}$ .

Le deuxième corps, 3 lig.  $\frac{10}{12}$ .

Pivots, 2 lig.  $\frac{11}{12}$ .

PREMIERE PARTIE , CHAP. VI. 55

Piliers, cage, rouleaux, 4 lig.  $\frac{1}{2}$  de haut.

181. La roue de fufée 80 dents, diametre, 21 lig.  $\frac{8}{12}$ .

Le pignon de la roue de minutes a 20 dents & 5 lig.  $\frac{5\frac{1}{2}}{12}$   
de diametre.

Roue des heures 72, diametre, 19 lig.  $\frac{2}{12}$ .

Pignon de renvoi, 24 dents.

Diametre, 6 lig.  $\frac{9}{12}$ .

Roue de minutes 160, diametre, 19 lig.  $\frac{3}{12}$ .

Pignon de champ 20, diametre, 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ .

Roue de champ 150, diametre, 18 lig.  $\frac{3}{24}$ .

Pignon de fecondes 20, diametre 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ .

Roue de fecondes 120, diametre, 14 lig.  $\frac{1}{2}$ .

Pignon d'échappement 20, diametre, 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ .

Roue d'échappement, 10 dents.

Diametre, 9 lig.  $\frac{8}{12}$ .

Le barillet a 21 lig. de diametre en dedans, fa hauteur 9 lig.  $\frac{4}{12}$ ; le ressort a 5 pieds 8 pouces de longueur, fa largeur 8 lig.  $\frac{10}{12}$ ; épaisseur en dehors  $\frac{39}{200}$ , au dedans  $\frac{10}{200}$ : il fait 7 tours  $\frac{1}{2}$ , tire 8 onces à demi-tour de bande.

La fufée fait 7 tours, la bafe à 15 lig.  $\frac{1}{2}$  de diametre, le fommet 7 lig.  $\frac{4}{12}$ : elle a 6 lignes de haut.

*Diametre des pivots.*

182. Pivots de fufée du quarré, 1 lig.  $\frac{2}{12}$ .

De minutes,  $\frac{3\frac{2}{3}}{48}$  lig.

De champ,  $\frac{1\frac{6}{8}}{48}$ .

De fecondes portant l'aiguille,  $\frac{1\frac{2}{8}}{48}$ .

Roue d'échappement,  $\frac{1}{48}$ .

De détente,  $\frac{4}{48}$ ;

Rouleaux,  $\frac{8}{48}$ .

Grand levier de compenfation,  $\frac{30}{48}$ .

Pince-fpiral,  $\frac{1\frac{6}{8}}{48}$ .

56 DE LA MESURE DU TEMPS.

Longueur du chaffis de compensation, 51 lig.

Largeur, 28 lignes.

Groffeur des tringles, 1 lig.  $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ .

183. Spiral.

Fait 4 tours  $\frac{1}{4}$ .

Diametre, 9 lig.  $\frac{10}{11}$ .

Largeur, 2 lig.  $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$ .

Épaiffeur au dehors,  $\frac{10}{200}$ .

Le spiral tire 20 grains, à 5 degrés de la balance élastique.

Le balancier a 44 lignes de diametre, & pefe 2 onces.

*Remarque fur le rouage de N° XXIV.*

En examinant la quantité de force motrice de n° XXIV, je vois que le rouage est plus grand que ne le requiert l'effort qu'il reçoit du moteur : car dans mes petites Horloges à Longitude, n° XXVII, &c. la force motrice est presque auffi grande que dans le n° XXIV, & cependant le rouage de celles-ci est beaucoup plus petit : or de petites roues ont deux avantages, 1° d'être d'une exécution plus facile, 2° d'être moins pefantes, & par conféquent de caufer moins de frottement. Voici les dimensions d'un rouage pour n° XXIV, qui me paroît préférable à celui employé.

La roue de fusée fera un tour en 5 heures, aura 16 lig.  $\frac{1}{4}$  de diametre, & 100 dents. Le pignon de minutes, 20 dents & 3 lig.  $\frac{3}{12}$  de diametre. Le pignon de renvoi porté par la roue de fusée, 35 dents & 5 lig.  $\frac{8}{12}$  de diametre.

Roue des heures 84 dents, & 13 lig.  $\frac{8}{12}$  de diametre.

Roue de minutes 128 dents, & 15  $\frac{1}{12}$  de diametre ; le pignon de roue moyenne, 16 dents & 2 lig. de diametre.

Roue moyenne 120, & 14 lig.  $\frac{1}{2}$  de diametre, le pignon de fecondes, 16 dents, 2 lig. de diametre.

Roue de fecondes 96 dents, 11 lig.  $\frac{7}{12}$  de diametre ; pignon d'échappement 16, & 2 lig. de diametre.

Roue

PREMIERE PARTIE, CHAP. VII. 57

Roue d'échappement, 10 dents & 9 lignes ; de diametre.

Le cercle d'échappement, 5 lig.  $\frac{4}{12}$  de diametre.

---

CHAPITRE VII.

*Horloge à Longitude, N° XXV.*

184. CETTE Horloge est à ressort réglé par une fusée, le balancier bat les demi-secondes; l'aiguille bat les secondes: le balancier est placé au centre des cages, comme dans N° XXIV. Cette disposition est des plus favorables, parce qu'elle réduit l'Horloge au plus petit volume; les heures, les minutes & les secondes sont excentriques, & chaque division a son cadran particulier.

185. La roue de fusée, le barillet, les roues des heures, des minutes & des secondes, sont placées dans une cage particuliere, que j'appelle *cage du rouage*.

186. Le balancier & les rouleaux sont placés dans une autre cage, que j'appelle *cage du régulateur*: sur le dessus de cette cage, est placée la roue d'échappement, & toute la partie de l'échappement. Les piliers de la cage du régulateur sont prolongés pour aller s'assembler avec la cage du rouage, & former entre ces deux cages un espace convenable pour y loger l'échappement; l'axe & le pignon de la roue d'échappement passe, ainsi que son pont, dans la cage du rouage, pour aller gagner la roue de secondes qui engrene dans le pignon d'échappement.

187. Le dessous de la cage du régulateur porte.

Le spiral placé en dehors des rouleaux; le piton qui fixe à la platine le bout extérieur du spiral; le pince-spiral & son pont; le chassis de compensation, & le grand levier; & en général, tout ce qui forme la compensation.

H

## 58 DE LA MESURE DU TEMPS.

188. Le dedans de la cage du régulateur contient le balancier placé entre les cages particulieres des rouleaux : le dedans de chaque platine du régulateur forme, avec une autre petite platine, la cage des rouleaux.

189. L'Horloge est donc composée de deux grandes cages : celle du rouage & celle du régulateur, formant 4 platines de même grandeur ; & de deux autres petites cages qui contiennent les rouleaux. Le bord de la platine inférieure de la cage des rouleaux est gradué en degrés de cercle, afin qu'au moyen de l'index porté par le balancier, on puisse estimer exactement dans tous les tems, l'étendue des vibrations de ce régulateur. La platine supérieure des rouleaux doit être plus petite que le champ du balancier, afin qu'en mettant des masses sur la partie supérieure de ce champ, ces masses ne puissent toucher à la platine. La cage du régulateur est assemblée par quatre piliers d'acier, dont l'un se démonte pour le passage du balancier : ainsi, quoique ces platines soient fendues pour ce passage, la cage demeure parfaitement solide.

190. La construction de l'Horloge, N° XXV, dont nous venons de donner une notion, est parfaitement pareille à celle de N° XXIV, décrite dans le Chapitre précédent ; ces deux machines ne different entr'elles que par les dimensions, c'est par cette raison que j'ai pu me dispenser de la faire graver : nous nous contenterons de donner toutes les dimensions de N° XXV ; & avec ce secours, on pourroit l'exécuter d'après le plan de N° XXIV.

Cette Horloge N° XXV fut commencée en 1781, & terminée en 1782 : elle est actuellement en mer avec M. de la Pérouse.

### *Dimensions des parties principales de l'Horloge à Longitude , N° XXV.*

191. La hauteur du tambour qui contient l'Horloge, est de 4 pouces 10 lignes en dedans, depuis le bord de la batte

PREMIERE PARTIE, CHAP. VII. 59

qui reçoit la platine des piliers du rouage ; le diamètre du tambour en dedans est de 3 pouces 8 lignes.

Le point de suspension du tambour est à la hauteur même du balancier.

192. Les quatre platines qui forment les cages du rouage & du régulateur, sont toutes du même diamètre, qui est de 42 lig.  $\frac{1}{4}$ . Leur épaisseur 0 lig.  $\frac{10}{12}$ , la platine inférieure des rouleaux a 39 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre ; son épaisseur 0 lig.  $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$ .

La platine supérieure des rouleaux a 31 lig. de diamètre ; son épaisseur 0 lig.  $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$ .

193. La hauteur des piliers de la cage du rouage, est de 14 lignes ; la grosseur du corps, 3 lig.  $\frac{2}{12}$ , celle de l'affiette 4 lig. pivots 2 lig.  $\frac{4}{12}$ .

194. La hauteur des piliers d'acier de la cage du régulateur est de 12 lignes.

Le pivot prolongé de ces piliers, a 4 lignes, tant pour l'épaisseur de la platine, que pour former l'intervalle entre la cage du rouage, & celle du régulateur, pour loger l'échappement, &c : cet intervalle est de 3 lig.  $\frac{1}{12}$ .

Le corps des piliers d'acier, est de 3 lig.  $\frac{2}{12}$  ; la partie prolongée pour la seconde cage, est de 2 lig.  $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$ .

Les pivots 2 lig.  $\frac{1}{12}$ .

Hauteur des piliers des cages, rouleaux, 3 lig.  $\frac{3}{4}$  ; diamètre du corps, 2 lig.  $\frac{10}{12}$ , affiette 4 lignes, pivot 2 lig.

195. La roue de fusée est de 80 dents, son diamètre 12 lig.  $\frac{9}{12}$ , épaisseur  $\frac{2\frac{3}{8}}$  ; le rochet auxiliaire de la fusée a 12 lig.  $\frac{9}{12}$ , de diamètre est 72 dents, épaisseur,  $\frac{2\frac{3}{8}}$ .

Le rochet d'encliquetage de la fusée a 41 dents, diamètre 9 lig.  $\frac{2}{12}$ .

Le rochet d'encliquetage du barillet a 45 dents, & 14 lig.  $\frac{2}{12}$  de diamètre.

Le pignon de renvoi des heures sur lequel est rivée la roue de fusée a 24 dents, & 4 lig.  $\frac{1}{12}$  de diamètre : longueur totale du pignon avec le canon formé, 2 lig.  $\frac{10}{12}$ ,

H 2



60 DE LA MESURE DU TEMPS.

épaisseur du pignon 1 lig.  $\frac{1\frac{1}{2}}{12}$  ; grosseur de la partie formant le canon de rivure, 2 lig.  $\frac{1\frac{0}{12}}$  ; grosseur du canon au-dessous de la rivure 2 lig.  $\frac{2\frac{1}{2}}{12}$  ; grosseur du trou du pignon par le plus grand côté, 1 lig.  $\frac{7}{12}$  ; pivots de fusée, 1 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$  ; épaisseur des cadrans,  $\frac{2\frac{3}{8}}$ .

196. La roue des heures a 72 dents, son diamètre 11 lig.  $\frac{7}{12}$ , épaisseur,  $\frac{1\frac{1}{8}}$ .

197. La roue de minute a 128 dents ( & le pignon de son axe 20 dents, ) son diamètre 13 lig.  $\frac{2}{12}$ , épaisseur de la roue,  $\frac{19\frac{1}{2}}{48}$  lig.

198. La roue de champ a 120 dents, son diamètre 12 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$ , épaisseur  $\frac{1\frac{1}{8}}$ .

199. Roue de secondes 96 dents ; diamètre 10 lignes, épaisseur  $\frac{1\frac{0}{8}}$ .

200. Roue d'échappement a 10 dents ; diamètre 9 lig.  $\frac{1}{2}$ , épaisseur,  $\frac{8}{48}$ .

201. La plaque d'échappement est d'acier, sa grandeur toute finie est de 5 lig.  $\frac{4}{12}$ , épaisseur  $\frac{2\frac{0}{8}}$ .

202. La palette d'échappement a de longueur 1 lig. pris du centre à celui de la cheville.

203. La détente d'échappement porte deux bras, l'un droit sur lequel agit la cheville de la palette pour laisser à la roue la liberté d'agir sur la plaque d'échappement ; l'autre qui porte un talon sur lequel appuie une dent de la roue pendant que le balancier acheve sa vibration librement : chaque bras de la détente a 3 lig. de long pris du centre.

L'épaisseur de la détente est de  $\frac{1\frac{6}{8}}$ .

Sa largeur  $\frac{1\frac{7}{8}}$  ; le centre sur lequel la tige s'ajuste a 1 lig.  $\frac{4}{12}$ .

La tige de la détente a  $\frac{1\frac{8}{8}}$  de diamètre.

Sa hauteur sans les pivots, 3 lig.  $\frac{4}{12}$ .

La détente porte au centre en dessous une tetine pour

PREMIERE PARTIE, CHAP. VII. 61

former un canon d'ajustement pour la tige ; ce canon a autant d'épaisseur que la détente : ainsi l'ajustement est de  $\frac{3 \frac{2}{8}}{4 \frac{8}{8}}$ .

La détente toute finie pese avec sa tige 2 grains  $\frac{1}{2}$ .

204. La levée de l'échappement est de 60 degrés.

205. Le pignon de la roue de minutes a 20 dents & 3 lig.  $\frac{3 \frac{1}{2}}{12}$  de diametre ; son épaisseur 1 lig.  $\frac{4}{12}$  ; le trou du pignon pour s'ajuster sur le tigeon  $\frac{21 \frac{1}{2}}{12}$ .

La tige de minutes a 1 lig.  $\frac{2}{12}$  de diametre ; le tigeon sur lequel le pignon s'ajuste & est chassé à 0 lig.  $\frac{11 \frac{1}{2}}{12}$ .

Les pivots de minute ont 0 lig.  $\frac{2 \frac{8}{8}}{4 \frac{8}{8}}$  de grosseur.

206. Le pignon de champ a 16 dents, son diametre 1 lig.  $\frac{8}{12}$ , épaisseur 0 lig.  $\frac{1 \frac{0}{2}}{12}$  ; la tige de ce pignon a 0 lig.  $\frac{1 \frac{0}{2}}{12}$  de diametre ; le tigeon sur lequel le trou du pignon entre à force a  $\frac{7 \frac{1}{2}}{12}$  lig. de diametre ; ses pivots ont  $\frac{1 \frac{3}{8}}{4 \frac{8}{8}}$  de diametre.

207. Le pignon de secondes a 16 dents, diametre 1 lig.  $\frac{8}{12}$ , épaisseur  $\frac{1 \frac{0}{2}}{12}$  ; sa tige a  $\frac{9 \frac{1}{2}}{12}$ , son tigeon  $\frac{7 \frac{1}{2}}{12}$ , ses pivots  $\frac{1 \frac{1}{8}}{4 \frac{8}{8}}$ .

208. Le pignon d'échappement a 16 dents, son diametre 1 lig.  $\frac{8}{12}$ , épaisseur  $\frac{8}{12}$ , sa tige  $\frac{7 \frac{1}{2}}{12}$ , ainsi que son tigeon ; ses pivots,  $\frac{4 \frac{1}{2}}{4 \frac{8}{8}}$ .

Pivots de la détente  $\frac{4}{4 \frac{8}{8}}$  ; de la palette  $\frac{1}{4 \frac{8}{8}}$ .

209. Les rouleaux ont 18 lig.  $\frac{1}{12}$  de diametre, épaisseur  $\frac{1 \frac{6}{8}}{4 \frac{8}{8}}$  ; grosseur des tiges  $\frac{10 \frac{1}{2}}{12}$ , les pivots  $\frac{6 \frac{1}{2}}{4 \frac{8}{8}}$  : les pivots de balancier  $\frac{2 \frac{0}{8}}{4 \frac{8}{8}}$ .

210. Pivot du grand levier de compensation  $\frac{1 \frac{8}{8}}{4 \frac{8}{8}}$  ; sa tige, 1 lig.  $\frac{8}{12}$ .

Pivot du pince-spiral,  $\frac{1 \frac{1}{8}}{4 \frac{8}{8}}$ .

Les quarrés ont de grosseur  $\frac{3 \frac{0}{8}}{4 \frac{8}{8}}$ .

Hauteur de la tige, 6 lig.

211. Le pont de suspension du balancier est d'acier, sa hauteur totale est de 21 lignes : sa largeur 3 lig.  $\frac{1}{2}$ , épaisseur, 1 lig.  $\frac{8}{12}$ .

62 DE LA MESURE DU TEMPS.

212. Le piton de spiral est en acier trempé, il porte 4 vis pour le caler ; sa longueur 7 lignes ; sa largeur 3 lig.  $\frac{2}{12}$ , épaisseur de la patte,  $\frac{8}{12}$ .

213. Le châssis de compensation a 41 lig. de longueur, largeur 21 lignes, grosseur des tringles 1 lig.  $\frac{2}{12}$ .

Le châssis doit être élevé de 2 lig.  $\frac{1}{3}$  au-dessus de la platine, afin que le piton du spiral passe dessous sans toucher à ces tringles ; ce piton a 2 lig. d'élévation au-dessus de la platine.

Le pont du châssis a de hauteur 23 lig.  $\frac{1}{4}$  sous le talon du pivot.

214. Le point de contact du petit bras du grand levier qui agit sur le châssis, est distant du centre de ce levier de 2 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$  : le contact du grand bras du grand levier est distant du centre du pince-spiral, d'environ 1 lig.  $\frac{1}{4}$  : ces points de contact sont formés par deux rubis.

215. Le balancier a 36 lig. de diamètre, pese tout fini, l'Horloge étant réglée, 11 gros 7 grains avec l'axe ; sans l'axe, 10 gros 6 grains ; l'épaisseur du champ 1 lig.  $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$ .

Largeur de champ du balancier, à l'endroit des masses, 2 lig.  $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$  ; dans l'intervalle des masses, sa largeur est de 2 lig.

Largeur du centre 5 lig.  $\frac{8}{12}$ , épaisseur des croisées,  $\frac{8}{12}$  ; grosseur du trou, 3 lig.

216. Le spiral fait quatre tours  $\frac{1}{2}$ , en tout ; son diamètre 7 lig.  $\frac{4}{12}$ .

Largeur 1 lig.  $\frac{7}{12}$ , épaisseur au dehors,  $\frac{1}{200}$  lig.

Grosseur de l'axe du balancier, 1 lig.

Pivot de balancier,  $\frac{20}{48}$ .

217. Le barillet a 19 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre en dedans ; sa hauteur 8 lig.  $\frac{8}{12}$  en dedans.

Le ressort a 8 lig.  $\frac{4}{12}$  de largeur.

## CHAPITRE VIII.

*Horloge N° 4 à ressort.*

218. CETTE Horloge est à ressort égalisé par une fusée : le balancier suspendu par un ressort, fait quatre vibrations par seconde; l'échappement est à vibrations libres; ainsi l'aiguille des secondes bat les demi-secondes : la compensation du chaud & du froid est produite par un chassis comme dans les grandes Horloges décrites *Traité des Horloges Marines*. Cette Horloge fut construite en 1773. J'en exécutai quatre sur le même plan, elles furent terminées en 1775 : je remis celle n° 4 en 1776 à M. le Chevalier de Borda par ordre du Ministre de la Marine; ces quatre Horloges sont nos 2, 3, 4 & 5, à ressort; elles appartiennent au Roi.

219. J'avois appliqué le compensateur isochrone à celle n° 2 : voici une notion de la manière dont ce mécanisme étoit appliqué. Sur une plaque ou petit cercle qui étoit attaché, au bout de la virole de spiral étoit placée une poulie à double rainure, laquelle pouvoit être rendue plus ou moins excentrique à l'axe du balancier, au moyen de deux vis qui la fixoient sur la plaque : chaque rainure portoit un fil de pite dont le bout étoit attaché à un ressort. Ces deux ressorts agissoient en sens contraires & produisoient la correction de l'isochronisme : on pouvoit en augmenter ou diminuer l'effet par le plus ou moins d'excentricité de la poulie, ou par le plus ou moins de bande des ressorts. Je supprimai par la suite ce mécanisme qui devint inutile, parce que le spiral fut jugé lui-même isochrone; d'ailleurs je craignois que les fils de pite ne vinssent à changer de longueur : voy. Chapitre I, pag. 2, note (b).

*Description de l'Horloge N<sup>o</sup> 4, Planche II, fig. 1 & 2.*

220. Le mouvement de cette Horloge est composé de deux grandes platines qui forment la cage du rouage, & de quatre petites platines qui forment les cages du balancier, des rouleaux & de l'échappement : la disposition de ces cages est la même que dans l'Horloge n<sup>o</sup> XXIV, Planche I, fig. 1, décrite Chap. VI.

221. *A A*, Planche II, fig. 1, est la platine-cadran ; elle porte quatre piliers 1, 2, 3, 4, qui s'assemblent avec la platine *B B*, ( fig. 2, ). Cette première cage contient le rouage ; *C*, est le barillet ; *D*, la roue des heures, laquelle engrene dans le pignon de renvoi *a*, porté par la roue de fusée *E* ; celle-ci engrene dans le pignon *b* de minutes ; la roue *F* de minutes engrene dans le pignon *c* ; celui-ci porte la roue moyenne *G* ; cette roue *G* engrene dans le pignon *d* de secondes, lequel porte la roue *H* qui engrene dans le pignon *e* d'échappement ; la roue *I* d'échappement est portée par le pignon *e* : elle communique l'impulsion qu'elle reçoit du moteur au cercle *f* d'échappement ; le levée-ressort *g h i* est attaché par une vis & 2 pieds au cercle *f* ; la partie *i* de ce ressort sert à élever le bras droit *l* de la détente d'échappement, *l n m* mobile en *n* sur les deux pivots entre le pont *L* & la platine ; *o* est le ressort de la détente : nous ne répétons pas ici les effets de cet échappement décrits ci-devant Chap. IV, n<sup>os</sup> 69 72 = 89, &c. voy. aussi *Traité des Horloges Marines*, n<sup>o</sup> 970 & suivant.

222. *Z* est le pont de suspension du balancier, *N* celui de la roue d'échappement *I* : les ponts, *O P V* sont ceux des rouleaux portés par la petite platine du Régulateur, laquelle porte en même-temps l'échappement : cette platine est ponctuée & représentée par *R S T* ; 5, 6, 7 sont les pivots des piliers à double base de la cage du régulateur ; 8, 9, 10 les piliers des cages des rouleaux ; *V* est le plôc  
du

du garde-chaîne porté par le dedans de la deuxième platine du rouage,  $X$  le crochet de fusée, &  $V X$  le garde-chaîne;  $Y$  représente le cadran des heures,  $M$  celui des minutes, &  $Q$  celui des secondes.

223.  $BB$ , fig. 2, représente le dehors de la deuxième platine du rouage sur laquelle est tracé tout ce qui concerne le mécanisme de compensation & le Régulateur; 1, 2, 3, 4 sont les pivots des piliers de la cage du rouage; 5, 6, 7 les trois piliers à double base de la cage du Régulateur, & 8, 9, 10 les piliers des cages des rouleaux;  $CDE$  sont les rouleaux;  $cde$  les ponts des rouleaux:  $F GH$  la platine des piliers de la cage du Régulateur fendue en  $I$ , pour démonter le balancier:  $K$  le pont du chassis de compensation;  $LM$  le chassis;  $fgh$  le levier de compensation, mobile en  $g$ : le petit bras,  $gf$ , agit sur le bout du chassis, & le grand bras,  $gh$ , sur la vis de la boîte  $i$ , portée par le bras  $nl$  du pince-spiral  $lnm$ , dont l'axe  $n$  est mis en cage dans le double pont  $Nn$ : le bras  $nm$  du pince-spiral porte la boîte  $o$  dans la fente de laquelle passe le spiral  $p q$ :  $P$  est le piton de spiral portant quatre vis,  $rstu$ , pour le caler.

224. Les dimensions du rouage & les nombres des roues & des pignons sont les mêmes que dans l'Horloge n° XXIV voyez ci-devant n° 181. La roue d'échappement seule diffère; car dans cette Horloge n° 4 le balancier fait 14400 vibrations par heure, ainsi la roue d'échappement a 20 dents, & 11 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre: le cercle d'échappement, tel qu'il est marqué en  $f$ , fig. 1.

*Remarque sur cette Horloge.*

225. La construction de cette Horloge me paroît encore actuellement très-bonne; & étant bien exécutées de telles machines doivent avoir une justesse à peu-près égale à celle des grandes Horloges; car le balancier a une force de mouvement presque aussi grande que celui de l'Horloge à poids

n<sup>o</sup> 8, que j'emploie toujours pour terme de comparaison : le balancier du n<sup>o</sup> 4 ayant des vibrations promptes, 4 par seconde, devient par-là moins susceptible des agitations du vaisseau : l'usage que M. le Chevalier de Borda a fait du n<sup>o</sup> 4, dans la campagne de 1776, confirme ce que je viens de dire de cette construction.

---

## C H A P I T R E I X.

*Principes de construction des petites Horloges à Longitude portatives, dont le balancier suspendu par un ressort, fait six vibrations par seconde. Et description de l'Horloge à Longitude, N<sup>o</sup> I. de cette espèce.*

226. **L**ES grandes Horloges à poids, si utiles dans les voyages qui ont pour but la rectification des cartes marines, pourroient également servir à tous les usages de la navigation, si on pouvoit avoir dans chaque Port, des Artistes capables de les entretenir ; mais comme de tels Artistes sont fort rares, & restent plus volontiers dans la Capitale, ces Horloges ne peuvent pas devenir d'un usage général : car ces machines sont d'un transport difficile par terre, à cause de leur grand volume, & elles sont par-là même exposées à divers accidens : d'ailleurs les Horloges à poids sont d'un trop grand prix. Ce sont ces difficultés qui, dès le premiers tems de mes recherches sur cette matiere, me déterminerent à réduire, autant qu'il étoit possible, ces machines, au plus petit volume : & telle étoit ma première Montre Marine, désignée par N<sup>o</sup> 3, laquelle fut éprouvée à Brest, en 1764 (a) : cette Montre, toute imparfaite que je la con-

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, représentée Planche VIII, du même la construction de cette Montre N<sup>o</sup> 556, page.

noissois du côté de l'exécution, a cependant eu encore assez de succès, pour m'assurer qu'en rectifiant quelques parties de sa construction, & sur-tout qu'étant exécutée avec plus de perfection, elle rempliroit les usages les plus essentiels pour la navigation : c'est d'après les observations que je viens de présenter, que j'ai travaillé à l'exécution de la petite Horloge N° 1. Je vais exposer ici les principes qui ont servi de base à sa construction, & à son exécution.

Proposition sur l'isochronisme des vibrations du balancier.

*Un spiral isochrone étant appliqué au balancier, ne conserve cette propriété que pendant que les huiles sont fluides, & que les frottemens restent constants.*

227. Si l'on pouvoit réduire à un état parfaitement constant les frottemens & les résistances des huiles des pivots du balancier, il est évident que l'isochronisme des vibrations par le spiral étant une fois donné, cet isochronisme se conserveroit toujours le même, quoique les arcs d'écarts par le balancier changeassent d'étendue par d'autres causes; & par une suite de cette supposition, la compensation du chaud & du froid une fois donnée, demeureroit constante. Mais cet état de perfection que nous supposons dans le régulateur, ne peut rigoureusement avoir lieu; en sorte qu'il arrive que les oscillations d'inégale étendue étant isochrones, au moment où la machine est nouvellement remontée, & que les huiles sont fraîches, ces oscillations cesseront d'être isochrones, dès que les huiles feront épaissies, & les frottemens augmentés : car ces huiles, ainsi épaissies, ralentissent les vibrations du balancier. (Essai sur l'Horlogerie N° 1881, & *Traité des Horloges Marines* N° 271). L'augmentation dans les frottemens & dans les résistances des huiles, affecte également la compensation du chaud & du froid, la-



## 68 DE LA MESURE DU TEMPS.

quelle n'est plus la même, lorsque les huiles sont épaissies.

228. Les effets très-certains que nous venons d'établir, sont les plus grands obstacles à la justesse constante des machines qui mesurent le temps, & dont le Régulateur est un balancier : & ces effets sont beaucoup plus sensibles dans les Montres de poche, parce que le balancier est petit & léger, & que ses pivots, qui roulent dans des trous, éprouvent beaucoup de frottement & de résistance de la part des huiles ; mais ces effets sont infiniment plus petits dans les Horloges à Longitude bien construites : car ici le balancier a une grande puissance, & les frottements de ses pivots sont réduits à la plus petite quantité, au moyen des rouleaux.

C'est d'après les principes que je viens d'énoncer, que je me suis déterminé à employer des rouleaux dans mes petites Horloges à Longitude, ainsi qu'à ma première Montre à Longitude portative.

---

### A R T I C L E I.

*Principes de construction des petites Horloges à Longitude.*

229. LES Montres à Longitude, qui doivent servir en tems de guerre, pour soutenir sans dérangement les secousses & commotions de l'Artillerie des vaisseaux, & à terre, les cahotages de la voiture, doivent être d'une nature différente des *Horloges Marines* : les Montres à Longitude pour remplir les vues que je me suis proposées, doivent être plus approchantes de la nature des Montres de poche ; comme celles-ci, elles doivent supporter sans dérangement des mouvements violents & irréguliers de toute espèce : & telles sont en effet les propriétés des bonnes Montres de poche, que les mouvements les plus violents du cheval & de la voiture ne les font pas varier, parce que le balancier, Régulateur de ces machines est petit & léger, & fait des vibrations promptes. Car les écarts des Montres viennent uniquement des chan-

gemens qui ont lieu par les frottemens des pivots, par les résistances des huiles, & les changemens qui arrivent dans les huiles, par le chaud & le froid, &c. ( Voy. ci-après seconde Partie, Chapitre I, les causes de variations des Montres de poche ).

230. Pour construire donc une excellente Montre à Longitude, il faut s'appliquer à détruire les vices des Montres.

231. 1° En conservant les propriétés du balancier d'une bonne Montre de poche, sçavoir, d'être petit, léger, de faire des vibrations promptes, & de décrire de grands arcs; mais pour en faire un vrai Régulateur, il faut que le balancier de la Montre à Longitude, ait cependant une plus grande force de mouvement, dont nous établirons les limites appuyées par l'expérience.

232. 2° Le régulateur d'une Montre à Longitude doit donc être à peu-près de la nature de celui d'une bonne Montre de poche; mais je dois observer que, dès lors, un tel régulateur a beaucoup plus de frottement, & éprouve plus de résistance de la part des huiles, &c, que celui qui fait des vibrations lentes, & a une grande force de mouvement: en sorte que la justesse de la Montre ne peut pas être réputée constante, à cause de ces effets. Pour construire donc une excellente Montre à Longitude terrestre, & marine, il faut employer tout l'art possible, tant du côté des principes, que de celui de l'exécution, pour dépouiller le Régulateur des frottemens & des résistances des huiles qui ont lieu dans les Montres de poche.

233. 3° Le balancier doit être horizontal, & suspendu par un ressort (a), ce qui rend les frottemens plus petits & plus constants.

234. 4° Les pivots du balancier, au lieu de tourner dans des trous comme dans les Montres, doivent tourner entre 6

(a) Il seroit peut-être préférable dans une telle machine, de diminuer la puissance du Régulateur, & de faire rouler le pivot sur la pointe, comme je l'avois fait dans ma premiere Montre Marine, & c'est ce que j'ai tenté depuis dans la petite Horloge N° 36, Voy. ci-après, Chapitre XI.

70 *DE LA MESURE DU TEMPS.*

rouleaux ; c'est un second moyen de réduire les frottemens & les résistances des huiles du Régulateur à la plus petite quantité.

235. 5° L'échappement doit être de nature à éprouver les plus petits frottemens possibles ; tel est l'échappement à vibrations libres, que j'ai composé & adapté à mes Horloges à Longitude.

236. 6° Le spiral doit être trempé, plié comme ceux de mes Horloges, afin que sa force & sa figure soient inaltérables.

237. 7° Le spiral doit être isochrone, & c'est une des conditions la plus essentielle d'une telle machine ; car le spiral ayant cette propriété, la marche de la Montre fera constamment la même, malgré les changemens dans les frottemens, les inégalités de la force motrice, les cahotages de la voiture, &c. Ce sont toutes ces causes qui font varier l'étendue des vibrations. Voy. Chapitre II les moyens d'arriver à ce degré de précision, & d'exécuter les ressorts spiraux.

238. 8° Pour suppléer d'une façon encore plus sûre à ce qui pourroit manquer à l'isochronisme des vibrations d'inégale étendue, le meilleur moyen seroit de faire usage du Compensateur isochrone, voy. Chap. I.

239. 9° Il faut que les effets du chaud & du froid, sur le Régulateur, soient corrigés par un mécanisme de compensation, comme je le pratique dans mes Horloges à Longitude.

240. 10° Le mécanisme de compensation doit avoir toute la solidité convenable pour la Montre : il faut que le pince-spiral soit cependant le plus léger possible, & le ressort qui le presse très-foible, & que les points de contact du mécanisme de compensation, se fassent sur des rubis parfaitement polis, enforte que, dans tous les temps, les effets de la compensation soient inaltérables (a).

(a) Voy. ci-après, Chap. XIX, la manière de conduire le mécanisme de compensation à son plus grand degré de perfection.

PREMIERE PARTIE , CHAP. IX. 71

241. 11° La force motrice doit être un ressort, dont l'action soit rendue parfaitement constante, au moyen de la fusée, & il faut que le ressort soit fait de manière à ne pas perdre de sa force, & qu'il ait le moins de frottement possible.

242. 12° Que les pivots du rouage soient les plus petits que comporte la pression qu'ils éprouveront : les roues les plus petites & les plus légères, & relativement à la puissance du moteur.

243. 13° Les pivots des rouleaux doivent être les plus petits possibles, & proportionnés à la puissance du Régulateur, les rouleaux légers, &c.

244. 14° Tous les pivots inférieurs, tant du rouage, que du Régulateur, doivent rouler sur des coquerets d'acier trempés dur, afin d'éviter les frottemens des portées, lesquels sont de nature très-nuisible.

245. 15° Que la Montre soit maintenue à la mer, dans la position horizontale, au moyen d'une suspension pareille à celle de mes Horloges.

246. 16° Enfin, que même dans la voiture, la Montre soit maintenue, autant qu'il est possible, dans la position horizontale; mais ici la suspension ne doit pas agir, & ne peut servir, le tambour doit être rendu fixe.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails sur les principes qui doivent servir de base à la construction des petites Horloges ou Montres à Longitudes : ces principes n'étant d'ailleurs que l'application de la théorie que j'ai établi (a) sur les Régulateurs des Montres portatives, & des Horloges à Longitudes. *Essai sur l'Horlogerie*, Chap. XXVIII, XXIX & XXX, seconde Partie : & dans le *Traité des Horloges Marines*, Chap. IV, (b) première Partie, Chap. V, (c) seconde Partie, &c. On peut recourir à ces deux Ouvrages, pour tout ce qui concerne la théorie de ces machines.

(a) N° 1825 & suivant, 1880 : 1894, &c.

(b) N° 72 100 : 112 : 128 : 141, &c.

(c) N° 560 : 561 : 1002, &c.

## ARTICLE II.

*Construction de la petite Horloge à Longitude, N<sup>o</sup> 1.*

247. MA première *Montre Marine*, éprouvée à Brest en 1764, avoit été construite à dessein de servir à donner la Longitude à la mer, & à terre, étant transportée dans une voiture, (*Voy. Traité des Horloges Marines N<sup>o</sup> 556*) : & cette machine a assez bien rempli mes vues. La nature de sa construction, & l'exécution même, laissoient cependant beaucoup encore à désirer : aussi, peu après les diverses épreuves qu'on a faites de cette machine, me suis-je occupé de la composition d'une nouvelle *Montre à Longitude*, propre à servir à terre, transportée dans une voiture, & par-là même en état de soutenir à la mer non-seulement les agitations du vaisseau, mais plus particulièrement les commotions de l'artillerie, & à servir d'Horloge astronomique à terre, placée sur une table, ou sur une cheminée. Tel a été l'objet de la composition de ma *Montre à Longitude N<sup>o</sup> 1*, dont le plan & l'exécution datent de 1777, machine qui appartient au Roi, & qui a servi en 1780 & 1781, dans l'Escadre de M. le Chevalier de Ternay; elle a servi, en 1784, à M. le Comte de Chastency-Puifégur, dans la campagne qu'il a faite à Saint-Domingue, pour lever la carte de cette île & de ses débouchemens.

248. Le balancier de la *Montre à Longitude* fait 6 vibrations par seconde = 21600 par heure, a 24 lignes de diamètre, & décrit 240 degrés le ressort spiral est trempé : plié, & il est isochrone.

Le balancier est horizontal & suspendu par un ressort; ses pivots tournent entre 6 rouleaux.

PREMIERE PARTIE, CHAP. IX. 73

249. L'échappement est celui à vibration libre, pareil à celui que j'emploie dans mes grandes Horloges.

250. La correction des effets du chaud & du froid est produite par un chassis, comme dans mes Horloges à Longitude.

251. La force motrice est un ressort égalisé par une fusée.

252. Le mouvement de cette Montre est placé dans un tambour, comme ceux de mes grandes Horloges, & il est porté de même par une suspension, pour conserver la position horizontale, malgré les agitations du vaisseau.

253. Le rouage est de la même construction qui est employée dans l'Horloge N° 6 à poids, c'est-à-dire, que les heures, les minutes & les secondes sont concentriques au cadran. Voy. *Traité des Horloges Marines*, Planche IX, & la description N° 673.

254. Le but que j'ai eu dans la disposition des diverses parties de la Montre à Longitude, a été de la réduire au plus petit volume, en donnant cependant au Régulateur & au moteur une grande puissance; & je l'ai distribuée de manière à avoir la facilité de démonter l'une ou l'autre de ses parties séparément, sans déranger les autres: ainsi on peut démonter le barillet & la fusée, sans démonter ni le rouage, ni le Régulateur, & on peut démonter le rouage, sans déranger, ni le Régulateur, ni le moteur.

255. La Montre à Longitude est composée de 6 platines, formant trois cages principales; la première contient le rouage; la seconde le moteur & la fusée: la troisième le Régulateur. Cette dernière cage est par-là composée des deux petites cages des rouleaux, ce qui forme en tout cinq cages.

256. Les deux grandes platines qui forment la cage du rouage, sont la platine-cadran, & la platine du Régulateur & du moteur; ces platines ont 37 lignes de diamètre, qui est la grandeur de la Montre.

257. La platine-cadran porte 4 piliers dont la hauteur est 6 lignes.

K

74 *DE LA MESURE DU TEMPS.*

258. La platine-Régulateur , porte 6 piliers , 3 pour la cage-Régulateur , & 3 pour la cage du moteur ; ces piliers ont 8 lig. de hauteur ; les deux petites platines des cages de rouleaux portent chacune 3 piliers , dont la hauteur est de 3 lignes.

*Description de la petite Horloge à Longitude N° 1.*

Planche V , fig. 4 & 5.

259. La fig. 4, Planche V, représente le dehors de la platine des piliers de la cage du Régulateur & du moteur, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement ; le dehors de cette platine forme avec la fausse plaque ou platine-cadran , une cage qui contient une partie du rouage & l'échappement : la platine-cadran porte 4 piliers qui entrent dans les trous 1, 2, 3, 4, de la platine *AA* : 5, 6, 7, marquent les places de 3 piliers de la cage du moteur mis en dedans de la platine *AA* ; 8, 9, 10, marquent les places des 3 piliers de la cage du Régulateur ; ils sont rivés en dedans de la platine *AA* : 11, 12, 13, marquent les positions des 3 piliers de la cage des rouleaux ; ces piliers sont rivés sur une petite platine qui est de la grandeur du balancier.

260. *B* est le barillet : ce barillet est fait de manière à contenir deux ressorts, parce qu'un seul n'auroit pas produit une assez grande force pour la puissance du Régulateur, & la vitesse de son mouvement (*a*). Ces deux ressorts sont contenus dans 2 barillets placés sur le même arbre, adossés l'un contre l'autre, & ils sont fixés ensemble par des vis.

261. *C*, est la roue de fusée, elle a 80 dents, & engrene dans le pignon *a* de 20 dents : *D* est le rochet au-

(*a*) Par le calcul que j'en ai fait, j'ai | du balancier, parcourt 30,000 toises en  
trouvé qu'un point pris à la circonférence | 24 heures.

xiliaire. Sur le pignon *a*, est rivée la grande roue moyenne *E*, celle-ci fait un tour par heure, elle a 80 dents, & engrene dans le pignon *b* de 10 dents. Ce pignon porte la roue moyenne *F*, qui a 75 dents. Cette roue engrene dans le pignon *c* de secondes, lequel a 10 dents : sur ce pignon est rivée la roue *G* de secondes, qui a 108 dents. Celle-ci engrene dans le pignon *d* de 6 dents ; sur ce pignon, est rivée la roue d'échappement *H*, qui a 10 dents.

262. *I, K* sont les roues de renvoi des heures, celle *I* est portée par le canon de la roue de minute, laquelle n'est pas ici représentée, mais dont la disposition est la même que dans l'Horloge n° 6 ; voy. Planche IX du *Traité des Horloges Marines*, & Planche XXVII de l'Essai sur l'Horlogerie.

263. La roue *F* est mise en cage entre la platine-cadran & le dehors de la platine des piliers *A A* ; le pignon de la grande roue moyenne *a* passe en dedans de la cage du moteur pour engrener dans la roue de fusée ; le pivot d'en bas de ce pignon roule dans un trou de la petite platine *a, b, c, d* du moteur, vue fig. 5.

264. La roue de secondes est mise en cage sur le dehors de la platine *A A* au moyen du pont *M*, dont le canon porte un bouchon qui reçoit le pivot sur lequel est ajusté l'aiguille de secondes ; sur ce canon du pont roule le canon de la roue de minute, &c. Cette roue a 80 dents : les roues *I* & *K* ont 36 dents, & la roue des heures a 72 ; elle est menée par un pignon de 6 sur lequel est rivée la roue de renvoi *K*.

265. *E f* est la détente d'échappement. *N*, le pont entre lequel & la platine cette détente est mise en cage ; *g* le ressort qui ramène la détente ; *h* la cheville d'arrêt.

266. *L* est le cercle d'échappement porté par l'axe de balancier ; *i k*, la palette qui sert à élever la détente *e f* ; cette palette est mise en cage sur le cercle *L* par un pont qui n'est pas ici représenté : *km*, est le ressort qui ramène la palette ; *n*, la cheville d'arrêt portée par le cercle *L*.

K 2



## 76 DE LA MESURE DU TEMPS.

267. *P* est le pont du rouleau que l'on démonte pour retirer le balancier de la cage ; *o, p, q, r, s*, la fente faite à la platine, pour démonter le rouleau & le balancier.

268. *AA*, fig. 5, représente le dedans de la platine des piliers sur laquelle est tracé le plan du Régulateur de cette Horloge & du moteur.

269. 5, 6, 7, représentent les trois piliers de la cage du moteur, dont *a, b, c, d* est la platine ; *B* est le barillet : *E* le rochet d'encliquetage, & *F* le cliquet : *GH*, le pont du barillet fixé aux deux parties coupées de la platine *a, b, c, d* ; le cliquet *F* est attaché sur ce pont ; le cercle ponctué *C*, représente la roue de fusée, & *D* le rochet auxiliaire, dont *I* est le cliquet ; *K* le trou du pivot de la grande roue moyenne.

270. *LL*, est la platine inférieure du Régulateur : 8, 9, 10 les piliers qui assemblent cette platine avec la grande platine *AA* des piliers : c'est entre ces deux platines que sont logés le balancier & les rouleaux ; voy. Planche VIII du *Traité des Horloges Marines*, le profil de la Montre n° 3 ; ici la disposition est la même.

271. *N, O, P*, représentent les trois rouleaux portés en dedans de la platine *LL* ; *Q* le pont du rouleau qu'il faut ôter de la cage pour démonter le balancier ; *e, f, g, i*, la fente faite à la platine *LL*, pour le passage du balancier & du rouleau *N*.

272. *lm* est la direction & la position du châssis de compensation du chaud & du froid : ce châssis est attaché par deux vis sur le pont *R, m* ; *n, o, p*, est le grand levier de compensation lequel est mobile en *o* sur le pont *Ro*. Ce pont est attaché en dedans de la platine *AA* des piliers, & le levier *n, o, p*, mis en cage entre la platine & le pont.

273 Le petit bras *n* du levier agit sur la tringle du milieu du châssis *lm*, & le grand bras *p* agit sur la vis *q*, portée par la boîte attachée sur le bras *f* du pince-spiral *rf*.

Le pince-spiral *rf* est mis en cage dans le double pont

PREMIERE PARTIE, CHAP. IX. 77

*S T* : le bras *r* du pince-spiral porte l'index *t* qui marque sur la portion graduée *v* faite à la platine *L L*, le chemin produit par le chaud & le froid sur le mécanisme de compensation.

*V* est le piton de spiral.

Nous n'entrerons pas dans de plus grands détails sur cette Horloge; les notions que nous venons de donner sont suffisantes pour bien entendre les corrections que j'ai faites aux petites Horloges que je décrirai ci-après, chap. X. XI & XII.

*Dimensions.*

274. Le chaffis de compensation a 37 lig. de longueur, & 18 lig.  $\frac{1}{2}$  de largeur; il est composé de 16 tringles, 8 d'acier, & 8 de cuivre; la grosseur des tringles est de 0 lig.  $\frac{1}{12}$ .

La Montre étant réglée, le balancier pèse 75 grains  $\frac{1}{2}$ , & décrit 240 degrés; le spiral fait 4 tours  $\frac{1}{3}$ ; son diamètre 5 lig.  $\frac{7}{12}$ ; longueur 4 pouces 6 lignes, largeur 0 lig.  $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$ ; épaisseur au centre  $\frac{14}{200}$ , lig. au dehors  $\frac{13}{200}$ ; ce ressort a été calibré sur l'outil fait à cet usage; il est trempé, plié, & isochrone.

La virole a 1 lig.  $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre.

Les ressorts-moteurs ont deux pieds  $\frac{1}{2}$  de longueur, & 7 lig. de largeur.

Ils tirent 6 onces  $\frac{5}{8}$ .

La roue de fusée fait un tour en 4 heures; elle contient 7 tours  $\frac{1}{2}$  de chaîne.

Le tambour a 36 lig. de hauteur; son diamètre en dedans est de 40 lig.

*Pivots, N° I.*

De fusée du côté du carré, 1 lig.  $\frac{2}{12}$ .

Roue de minute 0  $\frac{2\frac{1}{8}}{48}$  lig.

De champ 0  $\frac{1\frac{2}{8}}{48}$  lig.

## 78 DE LA MESURE DU TEMPS.

De secondes o lig.  $\frac{8}{48}$ , d'en-bas o  $\frac{6}{48}$  lig.

D'échappement o  $\frac{4}{48}$  lig.

De balancier o  $\frac{14}{48}$  lig.

De rouleaux o  $\frac{6}{48}$  lig.

Les rouleaux ont 14 lig. de diametre.

---

## CHAPITRE X.

### *Horloge à Longitude, N. XXVII.*

275. **L**A construction de la Montre à Longitude, N<sup>o</sup> 1, que je viens de décrire, m'ayant paru fort avantageuse, je me suis appliqué à la simplifier ; voici les corrections qui m'ont paru nécessaires, & d'après lesquelles j'ai construit les Montres à Longitude, n<sup>o</sup> XXVII, XXVIII, &c.

276. 1<sup>o</sup>. D'employer un seul ressort-moteur & de force convenable pour n'être jamais dans un état forcé ; car dans l'Horloge n<sup>o</sup> 1, quoiqu'il y ait deux ressorts, toute leur force est employée, enforte qu'il ne reste, lorsque la Montre est montée, qu'un demi-tour au haut, ce qui expose les ressorts à casser ou à se rendre.

277. 2<sup>o</sup>. De diminuer le travail du rouage qui est trop considérable, lorsque les heures, les minutes & les secondes sont concentriques, & de substituer la disposition de mes Horloges Marines : d'ailleurs l'aiguille des secondes, en passant sur le carré de remontoir, est exposée à être dérangée.

278. 3<sup>o</sup>. De réduire à un travail plus simple les cinq cages, dont la Montre à Longitude, n<sup>o</sup> 1, est composée.

279. 4<sup>o</sup>. De simplifier aussi le mécanisme de compensation, en employant une lame composée, au lieu du chassis,

*Description de l'Horloge à Longitude , N° XXVII (a).*

280. Le balancier de cette petite Horloge fait 6 vibrations par seconde ; il est horizontal & suspendu par un ressort : l'échappement est celui à vibrations libres ; l'aiguille des secondes fait trois battements par seconde : la compensation par une lame composée.

281. J'ai employé 3 cadrans, le premier pour marquer les heures, le second, les minutes, & le troisieme les secondes. Le mouvement est placé dans un tambour qui est supporté par une suspension, pour conserver la position horizontale ; cette suspension est placée dans une boîte qui garantit l'Horloge de la poussiere, &c.

282. Le mouvement de cette petite Horloge est composé de trois platines de même grandeur ; les deux premières forment la cage du rouage ; la deuxième & la troisieme, celle du Régulateur : il y a de plus deux petites platines qui forment les cages des rouleaux.

## Planche II.

283. La fig. 3 représente le profil de l'Horloge ; *A A*, est la platine-cadran ; elle porte quatre piliers qui s'assemblent avec la platine *B B*, pour former la cage du rouage ; la troisieme platine *C C*, porte trois piliers qui s'assemblent avec celle *B B* ; cette seconde cage forme celle du Régulateur : la petite platine *D D*, porte trois piliers qui s'assemblent avec la platine *B B* : cette petite cage contient les trois rouleaux supérieurs, entre lesquels l'axe de balancier tourne : la petite platine *E E*, porte de même trois piliers qui, assemblés avec la platine *C C*, forment la cage des trois rouleaux inférieurs de l'axe de balancier.

284. La roue de fusée *F*, porte le pignon de renvoi *a*,

(a) J'ai exécuté cinq Horloges sur le même plan, N° 27, 28, 29, 30 & 31. Elles furent commencées en 1768, & terminées en 1782.

## 80 DE LA MESURE DU TEMPS.

qui conduit la roue des heures *G*; l'axe prolongé *b*, de cette roue porte l'aiguille des heures; *c* est le quarré de fusée, & *d* le crochet de fusée. La roue de fusée *F*, engrene dans le pignon de minute *e*, dont l'axe prolongé *f*, porte l'aiguille de minute; *H*, est la roue de minute, elle engrene dans le pignon *g* de la roue moyenne *I*; celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue de secondes *K*; le pivot prolongé *i*, porte l'aiguille de secondes; la roue de secondes *h*, engrene dans le pignon *l* de la roue d'échappement *L*, qui communique son mouvement au cercle d'échappement *m*, porté par l'axe du balancier *M M*: l'autre bout de l'axe de balancier porte le spiral *N*, placé en dehors des rouleaux: 7, 2, 3 sont les trois rouleaux, entre lesquels passe l'axe de balancier; c'est sur ce bout prolongé de l'axe que le cercle d'échappement *m* est attaché en dehors des rouleaux; 4, 5, 6 sont les trois rouleaux inférieurs; entre lesquels passe le pivot inférieur de l'axe de balancier; le bout prolongé de ce pivot porte le spiral *N*.

285. La fig. 6 représente la lame composée d'acier & de cuivre pour la correction des effets de la température; sur le bout *a* est fixé par deux vis, un rubis sur lequel doit agir le bout de la vis de la boîte du pinçe-spiral, comme on le voit dans la fig. 5.

286. *A A*, fig. 4, représente le dehors de la platine-cadran: sur cette platine sont rivés les quatre piliers 1, 2, 3, 4; *B*, est le barillet; *C*, la roue des heures; *a* le pignon de renvoi, qui porté par la roue de fusée *F*, conduit la roue des heures; *e* le pignon de minute, *H*, sa roue; *g* le pignon de la roue moyenne, *I*; *h*, le pignon de secondes, *K*, sa roue; *l* le pignon de la roue d'échappement, & *L*, cette roue; *m* le cercle d'échappement.

287. *P Q R*, sont les cadrans des heures, des minutes, & des secondes, attachés chacun par une vis & un pied sur la platine-cadran *A A*.

288. *n*, est le plot du garde-chaîne, *n o* le garde chaîne, & *d* le crochet de fusée.

289.  $Pqr$ , est le *ressort-détente* de l'échappement;  $rft$  le *ressort-levée* porté par le cercle d'échappement  $m$ ;  $Mm$ , le pont de suspension;  $Nl$ , le pont de la roue d'échappement.

290. 5, 6, 7, sont les pivots des piliers de la cage du Régulateur; 8, 9, 10, les pivots des piliers de la cage des rouleaux.

291.  $CC$ , fig. 5, représente le dehors de la troisième platine qui forme la cage du Régulateur; c'est cette platine (vue fig. 3.) qui porte les trois piliers 5, 6, 7;  $EE$ , est la platine des rouleaux; 8, 9, 10, les piliers portés par cette platine;  $MM$  le balancier;  $a, b, c$ , les rouleaux;  $A$  le pont de la lame composée  $de$ ; cette lame est fixée en  $d$  sur le pont  $A$ , par deux vis & par une plaque de pression  $f$ , ce qui forme une mâchoire qui fixe le bout de la lame; le bout  $e$  de la lame est le même vû en  $e$ , fig. 6, & lequel porte le rubis. La vis  $g$ , (fig. 5), de la boîte de compensation agit sur le rubis porté par la lame  $de$ :  $gil$  est le pince-spiral mobile en  $l$  sur le pont  $D$ :  $m$  est la boîte du pince-spiral.

*Dimension de l'Horloge à Longitude, N°. XXVII.*

292. Roue de fusée 80 dents; son diamètre 12 lig.  $\frac{2}{12}$ ; engrenne, dans un pignon, 20, dont le diamètre est de 3 lig.  $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ ; épaisseur de la Roue,  $\frac{2}{48}$ .

Pignon de renvoi des heures, 24 dents; diamètre, 4 lig.  $\frac{1}{12}$ .

Roue des heures, 72 dents; diamètre, 11 lig.  $\frac{7}{12}$ ; épaisseur  $\frac{1\frac{1}{2}}{48}$ .

Roue de minute, 128 dents; diamètre, 13 lig.  $\frac{2}{12}$ ; épaisseur  $\frac{19\frac{1}{2}}{48}$ , elle engrenne dans un pignon de 16 dents, dont le diamètre est de 1 lig.  $\frac{8}{12}$ .

Roue de champ, 120; diamètre, 12 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$ ; son épaisseur  $\frac{15}{48}$ ; engrenne dans le pignon de secondes de 16 dents, diamètre, 1 lig.  $\frac{8}{12}$ .

L

## 82 DE LA MESURE DU TEMPS.

Roue de secondes, 120; diamètre, 12 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$ ; son épaisseur  $\frac{1^0}{48}$ ; engrene dans le pignon d'échappement de 12 dents, diamètre 1 lig.  $\frac{3\frac{1}{4}}{12}$ .

Roue d'échappement, 18 dents; diamètre 9 lignes, épaisseur,  $\frac{8}{48}$ .

36 vibrations  $\times$  par 10 = 360 vibrations par seconde, = 21600 par heure.

Balancier, 22 lig.  $\frac{0}{12}$  de diamètre.

Axe de balancier  $\frac{8}{12}$ .

Pivot,  $\frac{1^6}{48}$ .

Pese seul, sans l'axe, 60 grains.

Cercle d'échappement tout fini, 3 lig.  $\frac{1}{12}$ , comme dans le Plan.

Détente d'échappement  $\frac{8}{8}$  d'épaisseur, &  $\frac{8}{48}$  de largeur.

Les arcs décrits par le balancier, avec la force de 5 onces  $\frac{1}{2}$  font de 115.

La détente d'échappement toute finie, pèse avec la tige 1 grain  $\frac{1}{4}$ .

Les rouleaux ont 12 lig. de diamètre.

Le rochet auxiliaire de la fusée a 12 lig.  $\frac{0}{12}$  de diamètre & 72 dents; son épaisseur,  $\frac{2^1}{48}$ .

Le rochet d'encliquetage de la fusée a 41 dents, & 9 lig.  $\frac{2}{12}$  de diamètre.

Le pivot de la fusée, du côté du quarré, a 1 lig.  $\frac{4}{12}$  de diamètre.

Le pivot de minute, 0 lig.  $\frac{2^4}{48}$ .

De champ,  $\frac{1^3}{48}$ .

De secondes, portant l'aiguille,  $\frac{1^0}{48}$ .

L'autre pivot de la même roue  $\frac{8}{48}$ .

Pivot de la roue d'échappement,  $\frac{4\frac{1}{2}}{48}$ .

De détente d'échappement,  $\frac{4}{48}$ .

De la palette d'échappement,  $\frac{3}{48}$ .

Pivots des rouleaux,  $\frac{5}{48}$ .

Pivots de balancier,  $\frac{1^4}{48}$ .

PREMIERE PARTIE, CHAP. X. 83

Le spiral est calibré & trempé plié ; il a d'épaisseur au centre  $\frac{12}{200}$  ; au dehors  $\frac{11}{200}$  ; sa largeur  $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$  ; il fait 4 tours  $\frac{1}{3}$ .

Le pont de suspension du balancier a 13 lignes  $\frac{7}{12}$  de hauteur.

Épaisseur de la patte & de la colonne,  $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$ .

*Resort moteur.*

Fait 8 tours.

Sa longueur, 6 pieds 2 pouces  $\frac{1}{2}$ .

Sa largeur, 8 lig.  $\frac{4}{12}$ .

Épaisseur au dehors,  $\frac{34}{200}$ .

Au dedans,  $\frac{30}{200}$ .

Il tire 5 onces  $\frac{1}{2}$  du levier, à un tour de bande.

Le barillet a 20 lig.  $\frac{1}{2}$  de diametre en dedans ; en dehors 21 lig.  $\frac{1}{2}$  ; hauteur en dedans, 8 lig.  $\frac{8}{12}$ .

La fusée a 11 lig.  $\frac{4}{12}$  de diametre à la base ; au fommet, 6 lignes.

Hauteur de la fusée, 7 lig.  $\frac{1}{2}$ , fait 8 tours  $\frac{1}{2}$ , ou contient 8 tours  $\frac{1}{2}$  de corde.



## C H A P I T R E X I.

*De la construction d'une petite Horloge à Longitude, horizontale, le balancier sans suspension, Horloge N° 36.*

293. T O U T E S les Horloges & les Montres à Longitude que j'ai décrites ci-devant, ont été construites pour avoir constamment la position horizontale (a), au moyen de la suspension, afin que le balancier étant suspendu par un ressort, ait moins de frottement & soit plus pesant : mais cette disposition entraîne après elle un travail assez considérable, enforte qu'il ne m'a pas paru possible de rendre ces machines d'un usage général, & sur-tout d'en réduire la dépense pour mettre leur prix à la portée des Officiers des vaisseaux marchands : je me suis donc occupé de nouveau des moyens de réduire le travail des Horloges à Longitudes, & j'espère enfin être parvenu à ce but. La construction même de ma première Montre Marine, désignée par N° 3, éprouvée en 1764, m'en présente les moyens ; car diverses épreuves que j'ai faites avec cette machine, m'assurent qu'étant perfectionnée, elle pourroit donner beaucoup de justesse, sans qu'elle eût de suspension, & le balancier roulant sur sa pointe : je vais proposer le moyen de la simplifier, en la rendant d'une exactitude sûre.

*Disposition à donner au Régulateur d'une petite Horloge à Longitude, pour n'employer que trois rouleaux.*

294. L'application des rouleaux pour la réduction des frottements des pivots du balancier, est un très-bon moyen :

(a) A l'exception de ma première Montre Marine, ou N° 3.

PREMIERE PARTIE , CHAP. XI. 85

mais il entraîne un travail si considérable, qu'il est bien difficile de pouvoir faire des Horloges à Longitude pour les vaisseaux marchands, en employant six rouleaux & le balancier suspendu par un ressort : j'ai cherché depuis long-tems les moyens de réduire le travail de ces machines, sans avoir pu encore arriver au but que je me proposois ; enfin toujours tourmenté du désir de faire de bonnes Horloges à moindres frais, pour servir à la marine marchande, je pense qu'il est possible de n'employer que trois rouleaux ; pour cet effet, il faut disposer l'effort du balancier & du spiral, de sorte que la pression ou action s'exerce presque en entier sur le pivot du balancier qui tourne entre ces trois rouleaux, & que l'autre pivot de l'axe soit assez éloigné du balancier & du pivot qui tourne entre les rouleaux, pour ne recevoir qu'une très-petite pression ; je place en conséquence le balancier en dedans des rouleaux, & fort près d'eux, & le spiral en dehors des rouleaux & de même fort près d'eux ; l'échappement doit par les mêmes motifs, être placé le plus près possible du balancier, & par conséquent des rouleaux ; & je prolonge & fais passer au contraire l'axe de balancier qui porte le pivot, pour tourner dans un trou jusques au dehors de la platine-cadran. Par ce moyen, le pivot de ce bout de l'axe pourra être d'un petit diametre, puisqu'il ne sera pas chargé ; il ne servira en quelque sorte qu'à maintenir l'axe : en un mot, il faut, autant que cela se pourra, que toute l'action du régulateur s'exerce sur le pivot supporté par les rouleaux. Maintenant, pour que la réunion de la puissance exercée sur les pivots des rouleaux, ne puisse devenir nuisible, il faut que les rouleaux soient du plus grand diametre, qu'ils soient légers & leurs pivots petits ; mais pour mieux diminuer l'effet des frottements, il faut proportionner la puissance du régulateur à la quantité que les pivots de rouleaux peuvent supporter, sans fatiguer leurs trous.

Mon intention, en composant la petite Horloge n° 36, a été de la rendre d'une justesse constante, en employant les moyens les plus simples, en sorte qu'elle puisse servir

aux Officiers des vaisseaux du Roi & à la Marine marchande : c'est pour remplir ce double objet, que je supprime la suspension de l'Horloge & la suspension du balancier.

295. Je supplée à ces deux suspensions, 1<sup>o</sup>, pour la suspension de l'Horloge, en plaçant à la circonférence du balancier quatre petites masses, pour régler facilement l'Horloge dans les différentes positions (a); enforte que lorsque le vaisseau, par ses diverses inclinaisons, change la position horizontale de l'Horloge, sa marche n'en soit cependant pas affectée.

296. 2<sup>o</sup>, pour la suspension du balancier, elle est suppléée en faisant porter la pointe de l'axe du balancier sur un Diamant : pour cet effet, j'emploie des vibrations promptes, 6 par secondes, ce qui produit le double avantage de rendre l'Horloge moins susceptible des agitations du vaisseau, & d'avoir un balancier qui, quoique léger, a cependant une grande puissance, & dont la pression sur la pointe ne cause pas un frottement qui puisse devenir nuisible : car je dois observer ici qu'ayant fait des tentatives pour ma première Horloge Marine, dont j'avois d'abord fait rouler le balancier sur sa pointe, j'ai éprouvé que cette pointe ne s'est émoussée que par le trop de pesanteur du balancier qui pesoit 3 livres 9 onces 6 gros, (voy. Essai sur l'Horloge n<sup>o</sup> 2100 : 2139), mais ici un tel effet ne peut avoir lieu.

*Petite Horloge à Longitude à ressort, N<sup>o</sup> 36.*

297. Je donne enfin ici la construction d'une petite Horloge à Longitude à ressort, qui me paroît réunir tous les avantages désirables, & devoir remplir tous les usages qu'on

(a) Ces masses du balancier ; sont placées à angles droits : deux sont dans la verticale (lorsque le balancier est arrêté), & les deux autres dans la ligne horizontale : on peut augmenter ou diminuer à volonté le poids de ces masses, sans démonter le balancier, & régler par ce moyen l'Horloge facilement par ses diverses positions. Si les vis de ces masses étoient ajustés dans un trou qui fit ressort comme ceux de N<sup>o</sup> 8, *Traité des Horloges*, N<sup>o</sup> 934, on régleroit la Montre par ses diverses positions, en approchant, ou en écartant ces masses du centre du balancier ; mais dans une petite machine, telle que N<sup>o</sup> 36, il vaut mieux que ces masses soient fixes.

en exige pour la navigation. Cette machine est réduite à un très-petit Volume, & est portative comme une Montre : & comme une Montre, elle n'a pas de suspension ; le balancier n'a pas non plus de suspension : son exécution est facile & sa construction la plus simple, & cependant j'ai lieu de croire qu'elle doit donner toute la justesse requise, fondée sur la nature des principes qui lui servent de base : c'est d'après les observations rapportées ci-devant n<sup>o</sup>. 294 & suiv. que j'ai construit & exécuté cette petite Horloge, laquelle est actuellement en mer. Je donnerai ci-après le résultat de sa marche, lorsque cette Horloge, n<sup>o</sup> 36, sera de retour.

*Description de l'Horloge, N<sup>o</sup> 36.*

Planche III, fig. 1, 2, 3.

298. Cette Horloge est à ressort égalisé par une fusée ; le balancier fait 6 vibrations par secondes, il est horizontal, la pointe de son axe roule sur un diamant : l'échappement est celui à vibrations libres à détente ; l'aiguille des secondes fait 3 battements par secondes ; la compensation par une lame composée ; j'ai aussi appliqué à cet Horloge mon compensateur isochrone. Les heures, les minutes & les secondes ont chacune leur cadran particulier.

299. Le mouvement est placé dans un tambour, & celui-ci dans une boîte, & sans être suspendu.

300. La position de cette machine est l'horizontale ; mais cette position varie dans le vaisseau selon ses inclinaisons ; elle est réglée en conséquence d'après les observations, n<sup>o</sup> 295.

301. Le mouvement est composé de deux platines, ayant chacune 35 lig. de diamètre, qui forment la cage du rouage, & de deux petites platines de 24 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, lesquelles s'assemblent avec la deuxième platine du rouage, au moyen de trois piliers à double base, ce qui forme deux

petites cages, l'une pour le balancier, & l'autre pour les trois rouleaux.

Planche III.

302. La fig. 1 représente le profil du mouvement; *A A* est la platine-cadran, elle porte quatre piliers qui s'assemblent avec la platine *B B*, pour former la cage du rouage; la quatrième platine *C C*, porte trois piliers à double base qui s'assemblent avec celle *B B*; la troisième platine *D D*, est montée sur la seconde base des petits piliers *E*; ces deux petites cages contiennent le balancier & les rouleaux.

303. La roue de fusée *F* porte à son centre le pignon de renvoi *a*, qui conduit la roue des heures *G*; l'axe prolongé *b* de cette roue porte l'aiguille des heures; *c* est le carré de fusée, & *d* le crochet de fusée. La roue de fusée *F* engrene dans le pignon de minute *e*, dont le pivot prolongé *f* porte l'aiguille de minute: *H* est la roue de minute, laquelle engrene dans le pignon *g* de la roue moyenne *I*; celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue de secondes *K*, dont le pignon prolongé *i* porte l'aiguille de secondes. La roue de secondes *K* engrene dans le pignon *l* de la roue d'échappement *L*, laquelle communique son mouvement au cercle d'échappement *m*, porté par l'axe *O m N r* du balancier *M M*: le bout inférieur *p q r* de l'axe porte en *p* le pivot, qui roule entre les trois rouleaux 1, 2, 3; & au dessous, cet axe porte la virole *q*, sur laquelle est fixé le spiral: au dessous de la virole en *r* doit être attaché le cercle excentrique du compensateur; le bout inférieur *r* de l'axe de balancier est terminé en pointe, & tourne sur un diamant porté par la partie *Y* du pont *V Y*; ce pont est celui qui porte le pince-spiral *t x*, dont l'axe est mobile sur deux pivots mis en cage sur le pont *V Y z*; l'axe *f* du pince-spiral porte le bras ponctué *y*, qui va appuyer sur la vis portée en *y* par le bout de la lame de compensation *S T y*.

Cette

Cette lame est fixée sur le pont  $R S$  au moyen d'une mâchoire pressée par les vis 4, 5, dont on ne voit ici que les bouts; le pont  $R S$  est lui-même attaché à la platine  $B B$  par deux vis & deux pieds, comme on le voit fig. 3 :  $\gamma$  est le bout d'un petit pont, lequel porte un ressort qui va agir auprès de l'axe du pince-spiral sur le bras  $x$ ;  $\nu$  est le pont du rouleau 1, lequel se démonte lorsque l'on veut démonter l'axe de balancier.

304. Le cercle d'échappement  $m$  porte le *ressort-levée* d'échappement; ce ressort porte une cheville  $o$ , qui agit sur le bout  $o$  de la détente d'échappement  $n o$ , dont le bras ou talon  $n$  suspend l'action de la roue d'échappement, pendant que le balancier oscille librement; le pont de la détente  $n o$  n'est pas ici représenté: l'axe 6 en indique l'élévation.

305. Le bout supérieur  $O$  de l'axe de balancier porte un pivot qui roule dans un trou du pont  $O P$ .

306.  $A A$ , fig. 2, représente le dehors de la platine-cadran; sur cette platine sont rivés les piliers 1, 2, 3, 4;  $B$  est le barillet;  $C$  le rochet d'encliquetage du barillet: cet encliquetage est placé au dehors de la platine-cadran  $A A$ ; sur le même côté de cette platine sont placés le cadran  $O$  des heures, celui  $M$  de minutes, & celui  $S$  de secondes:  $G$  est la roue des heures;  $a$  le pignon porté par le centre de la roue de fusée  $F$ ; ce pignon  $a$  conduit la roue des heures:  $e$  est le pignon de minute;  $H$  la roue de minute;  $g$  le pignon dont l'axe porte la roue moyenne  $I$ :  $h$  le pignon de secondes, &  $K$  la roue;  $l$  le pignon de la roue d'échappement  $L$ ;  $Q l$  le pont de cette roue;  $m$  le cercle d'échappement;  $o n$  la détente d'échappement, &  $f$  son pont;  $m p q$  le *ressort-levée* d'échappement porté par le cercle  $m$ :  $P o$  le pont du pivot supérieur du balancier;  $r$  le ressort de la détente  $o n$ .

307.  $f$  est le plot du garde-chaîne;  $f d$  la direction du garde-chaîne &  $d$  le crochet de fusée:  $E$  le cliquet du rochet auxiliaire  $N$ ;  $R$  est le rochet d'encliquetage de la fusée:  $D h$  le pont de précaution qui garantit la roue de se-

M

## 9 DE LA MESURE DU TEMPS.

condes, lorsqu'on remonte le mouvement : 5, 6, 7, les bouts des pivots de la cage du balancier & des rouleaux.

308. *BB*, fig. 3, représente le dehors de la seconde platine du rouage : 4, 5, 6, 7, les pivots des piliers de la cage du rouage ; *CC* est la platine sur laquelle sont rivés les trois piliers 8, 9, 10, à double base, pour former la cage du balancier & celle des rouleaux ; *MM* est le balancier ; 1, 2, 3, les rouleaux ;  $\nu$  la barette ou pont du rouleau qui doit se démonter pour démonter le balancier ; pour cet effet, les deux petites platines doivent être fendues depuis le centre *V*, selon la direction  $\nu$ , *V*, 6.

309. *A* est le pont de la lame de compensation ; ce pont porte en *d* une plaque qui sert de mâchoire pour fixer cette lame *STz* : le bout *T* de la lame de compensation porte une vis *z*, dont le bout agit sur le bras *y* du pince-spiral *xy* : la vis *z* sert à former la compensation par l'action de la lame, & en même-temps on règle par le moyen de cette vis l'Horloge au plus près.

*VY* est le pont du pince-spiral ; *E* est un pont coudé en dedans de la cage des rouleaux, pour porter le piton *F* du spiral.

310. *H* est le rouleau du compensateur ; *HL* sa chappe, *lm* le ressort ; *K* le pont à mâchoire qui porte le ressort-compensateur. Ce pont est attaché par deux vis à la platine *BB* ; la chappe & le rouleau sont élevés à la hauteur requise, pour passer entre la platine *CC*, & le dessous du bout  $\nu$  du pont du pince-spiral, ainsi qu'au dessous de la lame ; cette élévation est indiquée en *r*, fig. 1 du profil : le pont *K* peut tourner sur le centre de la vis *p*, au moyen de l'ouverture allongée de la vis *q* faite à ce pont : ce mouvement sert à augmenter ou à diminuer la bande du ressort-compensateur *lm* ; c'est un moyen d'arriver à l'isochronisme, voy. ci-devant ( n° 10 ) ; l'index *r* du pont *K* sert à faire connoître la quantité dont on change la bande du ressort, au moyen de la graduation faite à la platine *BB*.

*Dimensions du Régulateur.*

311. Le balancier a 20 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre ; il pese 27 grains , fait 6 vibrations par secondes.

La pointe de l'axe de balancier est fort dure, elle tourne sur un diamant.

Le spiral a 5 pouces de longueur.

Sa largeur demi-ligne.

Épaisseur au centre 0 lig.  $\frac{11}{200}$ , au dehors  $\frac{100}{100}$ , il fait 5 tours  $\frac{1}{2}$ , ce spiral est isochrone.

*Dimensions du moteur.*

Le barillet a 13 lignes de diamètre en dedans , sa hauteur 6 lig.  $\frac{3}{4}$ .

Largeur du ressort, 6 lig.  $\frac{1}{2}$ .

Le ressort fait 7 tours  $\frac{1}{2}$  : il reste deux tours  $\frac{1}{2}$  au haut, de vuide.

La fusée tire au levier 3 onces  $\frac{3}{4}$ , à demi-tour de bande.

La fusée a 7 tours  $\frac{1}{2}$  de corde ; son diamètre à la base, 11 lig.  $\frac{1}{12}$ , & 5 lig.  $\frac{1}{2}$  au sommet.

Pivot de l'arbre du barillet, 2 lig.  $\frac{1}{12}$ .

Pivot quarré, 1 lig.  $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$ .

*Dimensions du rouage.*

Roue de fusée, 80 dents ; diamètre, 12 lig.  $\frac{2}{12}$ , engrene dans le pignon 20 de roue de minute, lequel a 3 lig.  $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre.

Épaisseur de la roue,  $\frac{24}{48}$ .

Pignon de renvoi des heures, 24 dents.

Son diamètre, 4 lig.  $\frac{1}{12}$ .

Roue des heures, 72 dents ; diamètre, 11 lig.  $\frac{7}{12}$ .

Épaisseur,  $\frac{14}{48}$ .

M 2



## 92 DE LA MESURE DU TEMPS.

Roue de minute, 128 dents ; son diamètre, 13 lig.  $\frac{2}{12}$  ; épaisseur,  $\frac{1}{48}$ .

Engrene dans le pignon 16 de la roue moyenne, dont le diamètre est 1 lig.  $\frac{6}{12}$ .

Roue moyenne, 120 dents ; diamètre, 12 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$  ; épaisseur  $\frac{1}{48}$ , engrene dans le pignon 16 de la roue de secondes : diamètre du pignon 1 lig.  $\frac{3}{12}$ .

Roue de secondes, 120 ; diamètre, 12 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$ .

Épaisseur  $\frac{1}{48}$ , engrene dans le pignon 12 de la roue d'échappement ; ce pignon a 1 lig.  $\frac{3\frac{1}{4}}{12}$  de diamètre.

Roue d'échappement, 18 dents : diamètre ; 9 lig. épaisseur,  $\frac{3}{48}$ .

Cercle d'échappement, 3 lig.  $\frac{2}{12}$  de diamètre.

Les trois rouleaux ont 12 lig. de diamètre ; épaisseur  $\frac{3}{48}$ , pivots,  $\frac{4}{48}$ .

Le rochet auxiliaire de la fusée a 72 dents, diamètre 12 lig.  $\frac{2}{12}$ , épaisseur,  $\frac{2}{48}$ .

Le rochet d'encliquetage de la fusée a 41 dents, diamètre 9 lig.  $\frac{2}{12}$ , épaisseur,  $\frac{2}{48}$ .

Rochet d'encliquetage du barillet 6 lig.  $\frac{1}{12}$ , diamètre ; & 18 dents.

### *Dimensions des pivots.*

Pivots de fusée, 1 lig.  $\frac{4}{12}$ .

De minute 0 lig.  $\frac{1}{84}$ .

Des heures  $\frac{1}{48}$ .

Moyenne,  $\frac{1}{48}$ .

De secondes,  $\frac{2}{48}$ .

D'échappement  $\frac{4}{48}$  ; détente,  $\frac{3}{48}$ .

Rouleaux,  $\frac{1}{48}$ .

De balancier  $\frac{4}{48}$ , celui des rouleaux,  $\frac{1}{48}$ .

Lame composée,  $\frac{1}{48}$  d'épaisseur acier & cuivre ; longueur en action, 12 lignes ; largeur 6 lig.  $\frac{1}{2}$ .

PREMIERE PARTIE, CHAP. XI. 93

Cercle excentrique compensateur, 1 lig. diametre ; le rouleau, 6 lignes, ses pivots,  $\frac{3}{8}$ .

Pivots pince-spiral  $\frac{5}{8}$  ; les quarrés portant la boîte & le pince spiral  $\frac{12}{8}$  d'épaisseur.

Le tambour a 38 lig. de diametre en dedans , & 36 lig. de hauteur sans la batte.

Remarque sur la petite Horloge, N° 36.

*Il sera toujours préférable d'employer une suspension aux petites Horloges à Longitude.*

312. On peut, à force de soins & de travail, régler une Montre à Longitude par les diverses positions, & nous en avons donné les moyens ; mais on ne fera jamais certain que cet état de perfection dure long-temps ; il peut-être troublé par les changements qui arrivent dans les frottements & dans l'état des huiles, & par le balancier lui-même, dont le plus petit atôme peut troubler l'équilibre ; ce sont ces considérations qui paroissent rendre la suspension de l'Horloge ou de la Montre absolument indispensable : & dans une petite machine, cette suspension n'est pas d'un grand prix, & elle ne peut-être embarrassante : d'ailleurs, par son moyen, on évite un long travail, celui de régler la Montre par ses diverses positions, en même-tems qu'elle assure la justesse constante de la machine.

Les observations que je viens de faire m'ont décidé à ajouter une suspension à l'Horloge n° 36, aussitôt qu'elle sera de retour : voici la disposition de cette suspension, qui est celle de la petite Horloge n° 1, décrite Chap. IX.

*Description de la suspension des petites Horloges à Longitude, à ressort.*

Planche VI, fig. 1.

313. La figure 1, Planche VI, représente la suspension de mes petites Horloges à Longitude à ressort ; *A, B, C*, est le pied formé par trois branches, lequel s'attache par trois vis au fond de la caisse qui doit renfermer l'Horloge : cette caisse est faite de bois de noyer.

314. Sur le corps *D* du pied, qui est de cuivre fondu, est fixé le demi-cercle *D, E, F*, dont les extrémités *E* & *F* portent chacune une vis d'acier trempé, dont le bout terminé en pivot entre dans un trou fait au cercle de suspension *G H* ; chaque vis *a* & *b* a un écrou qui sert à fixer la vis après son bras, afin qu'étant à son point, elle ne puisse se déviffer par le roulement du cercle autour de sa vis.

315. Le cercle de suspension *G H* porte deux vis semblables à celles dont nous venons de parler. Ces vis *I K* sont placées à angle droit de celles *D* & *F* ; les pivots des vis *I K* entrent dans les trous de deux plaques de cuivre fixées sur le tambour *L, M, N, O*, dans lequel est placé le mouvement de l'Horloge ; *P Q* est une de ces plaques : l'autre qui est diamétralement opposée ne peut être vue.

316. Le tambour peut donc se mouvoir autour des vis à pivots *I K*, selon le plan des bras *E F* du demi-cercle de suspension, & ce mouvement qui est le plus borné, doit répondre à celui du *tangage* du vaisseau : & pendant ce mouvement le cercle de suspension peut aussi se mouvoir dans un plan perpendiculaire au premier, en tournant sur les vis à pivot *a, b*, placés comme nous l'avons dit à angle droit des vis *I K* ; ce second mouvement répond à celui du *roulis* du vaisseau ; ce sont ces deux mouvements combinés qui

forment la suspension du tambour & par conséquent de l'Horloge, & au moyen de laquelle le plan du cadran *Z* de cette machine conserve constamment la même position horizontale, malgré tous les balancements du vaisseau.

317. Le tambour *L, M, N, O* est fait en cuivre & le fond en est foudé de même que la virole afin d'empêcher le passage du mauvais air extérieur. Sur le fond du tambour est fixé en dessous un cercle *XY* en plomb, ce qui forme une masse qui sert à ramener le tambour dans la vraie position horizontale.

318. Le demi-cercle *D, E, F* porte en *S* un levier *ST*, qui sert à suspendre le mouvement du tambour pendant le transport de l'Horloge par terre.

Pour cet effet, le levier *ST* porte au milieu *R* de sa longueur, au dessous de la masse du tambour, une pointe conique, qui entre dans un trou de la masse de plomb. Cette pointe conique est terminée par une base ou plaque, qui soutient le tambour; la vis *V* sert à fixer le levier *ST* sur le bras *DE* du demi-cercle; par ce moyen, il arrête solidement le tambour; pour rendre le mouvement au tambour, on écarte le bout *T* du levier, afin que la pointe conique ne puisse plus toucher à la masse de plomb.

*Notion d'une petite Horloge à Longitude à ressort, N° 37; réduite d'après N° 36.*

319. Depuis que l'on a reconnu la possibilité de construire des Horloges à Longitude, & que leur usage s'est introduit dans la Marine, la plupart des Navigateurs ont paru désirer que ces machines fussent réduites à un plus petit volume; plusieurs mêmes voudroient qu'elles fussent assez petites, pour être portées dans la poche (*a*): je me suis pré-

(*a*) On peut voir dans l'introduction à | exclure l'usage des Montres de poche, pour  
cet Ouvrage, les motifs qui me portent à | la détermination des Longitudes à la mer.

## 96 DE LA MESURE DU TEMPS.

té autant qu'il est possible, à satisfaire les Observateurs qui se servent d'Horloge à Longitude, & cet Ouvrage en est la preuve ; & c'est en suivant les mêmes vues que je me suis appliqué de nouveau à réduire encore le volume de ma petite Horloge n° 36, & que j'ai construit l'Horloge n° 37, que je vais exécuter. Nous allons donner ici une idée de cette nouvelle Horloge & de ses dimensions ; mais nous ne pouvons y joindre des figures ; cet Ouvrage en ayant déjà un trop grand nombre : d'ailleurs le Plan de n° 36 en représente la disposition.

320. Après avoir établi la nécessité d'employer une suspension pour l'Horloge n° 36 ( voy. n° 312, ) j'ai vu, en examinant de nouveau cette machine, qu'il n'est pas nécessaire que le balancier fasse 6 vibrations par secondes. Il est préférable de faire battre 4 vibrations par secondes ; 1°, l'échappement s'exécutera plus facilement & plus sûrement ; il peut être à *détente - ressort* & *levée - ressort*, & par-là il est beaucoup plus simple : 2°, l'aiguille battra les demi-secondes, ce qui est plus commode pour l'Observateur : 3°, la force-motrice, en employant des vibrations plus lentes, en devient plus petite ; enfin, d'après ces diverses observations, la grandeur des roues doit être diminuée, & par conséquent le volume de l'Horloge en devient plus petit, & il en résulte qu'ayant des roues plus petites, elles en sont plus légères ; les pivots peuvent-être plus petits, & par conséquent les frottements en seront diminués, & c'est particulièrement les frottements des pivots du rouage qui affectent l'étendue des vibrations du balancier, soit par le froid, ou par le propre épaissement des huiles mises à ces pivots, lequel se fait à la longue, à mesure que l'Horloge marche.

C'est d'après les observations que nous venons d'exposer, que j'ai tracé le plan de n° 37, à l'exécution de laquelle je travaille.

*Dimensions*

*Dimensions de la petite Horloge à Longitude, N° 37.*

321. Cette Horloge est composée de quatre platines (a) de même que n° 36 ; mais ces platines sont toutes de la même grandeur, sçavoir 30 lig.

322. Le balancier a 21 lig. de diametre ; il doit peser 50 grains, & battre quatre vibrations par secondes ; la pointe de son axe roule sur un diamant , ainsi il ne faut pas de ressort pour le suspendre.

323. Le barillet a 11 lig.  $\frac{5}{12}$  de diametre, mesuré en dehors de la virole , sa hauteur doit être de 7 lignes ; le ressort doit tirer 3 onces du levier qui a quatre pouces de rayon.

324. La roue de fusée a 100 dents & 12 lig.  $\frac{1}{4}$  de diametre ; le pignon de minute dans lequel elle engrene a 20 dents & 2 lig.  $\frac{1}{2}$  de diametre ; ainsi la roue de fusée fait un tour en 5 heures : il faut donc 6 tours de corde ou de chaîne , pour que la Montre marche 30 heures , sans être remontée.

325. La roue de fusée porte à son centre le pignon de renvoi des heures : ce pignon a 35 dents & 4 lig.  $\frac{7}{12}$  de diametre.

La roue des heures a 84 dents & 10 lig.  $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$  de diametre.

326. La roue de minute a 128 dents & 12 lignes de diametre ; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne ; ce pignon a 16 dents & 1 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diametre.

327. La roue moyenne a 120 dents & 11 lig.  $\frac{1}{12}$  de

(a) Je me propose même de n'employer que trois platines de même grandeur ; les trois rouleaux seront mis en cage sous la 3<sup>e</sup> platine , par des ponts , de la même manière qu'on le voit Planche VI , fig. 2 & 4. Voy. la description de cette Horloge à poids, Chapitre XVI ; par cette disposition on n'a pas besoin de fendre les platines pour démonter le rouleau & le balancier, & j'en trouve l'exécution plus simple & plus facile.

## 98 DE LA MESURE DU TEMPS.

diametre ; elle engrene dans le pignon de secondes : ce pignon a 16 dents & 1 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diametre.

328. La roue de secondes a 120 dents & 11 lig.  $\frac{3}{12}$  de diametre ; elle engrene dans le pignon de la roue d'échappement ; ce pignon a 16 dents & 1 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diametre.

329. La roue d'échappement a 8 lig. de diametre & 16 dents.

330. L'échappement est à vibrations libres, à *ressort-dé-venté* & *ressort-levée*, tel qu'il est décrit chap. IV, ( n° 69 ).

331. Les rouleaux ont 10 lig. de diametre.

332. La compensation à lame composée comme dans l'Horloge n° 36 ; voy. Planche III, fig. 1 & 3.

333. Je ne donnerai pas de plus grands détails sur cette petite Horloge, dont la construction est la même que celle de n° 36, à laquelle je renvoie, & dont n° 37 ne differe que par le balancier qui fait quatre vibrations par secondes, au lieu que celui de n° 36 en fait 6, & par les dimensions du rouage que je viens de donner.

334. Cette Horloge doit être placée dans un tambour porté par une suspension pareille à celle représentée Planche VI, fig. 1.

*Description d'une suspension plus simple pour la petite Horloge,*  
N° 37.

Planche VI, fig. 5.

335. L'objet principal que j'ai eu en vue dans la construction de l'Horloge n° 36, a été de la rendre la plus simple possible, & de la réduire au plus petit volume ; & c'est par cette raison que je m'étois d'abord proposé de supprimer la suspension de l'Horloge, mais après mûre réflexion j'ai reconnu que la suspension étoit d'une nécessité indispensable

( n° 312 ) & j'ai en conséquence fait graver la suspension, dont j'ai donné la description ci-devant ( n° 313 ) ; cette suspension remplit très-bien ses effets, & je n'y trouve que le défaut d'entraîner trop de travail, & d'exiger une caisse trop grande ; car d'ailleurs elle a l'avantage de pouvoir également servir dans le vaisseau étant à la mer, & tenir lieu d'Horloge astronomique à terre, en la plaçant sur une table ou sur une cheminée : mais comme les Horloges à Longitudes sont particulièrement destinées pour servir en mer, j'ai cherché les moyens de simplifier encore la suspension de ces machines, en les réduisant au plus petit volume ; & telle est la suspension que j'ai dessinée pour la petite Horloge n° 37, que je vais décrire.

336. La figure 5, Planche VI, représente l'Horloge n° 37, placée horizontalement dans son tambour, supportée par sa suspension, & telle qu'elle doit être dans la boîte qui contient l'une & l'autre ; *A A* est la platine-cadran : *B B* est la lunette qui porte la glace ou crystal. Cette lunette est portée par la batte à laquelle est attachée la platine-cadran, & cette batte est elle-même attachée par quatre vis au tambour qui contient l'Horloge ; le tambour est de même grandeur que la lunette.

337. *C*, est le cadran des heures fixé au-dessus de la platine-cadran par une vis & deux pieds ; *D* est le cadran des minutes fixé comme celui des heures à la platine-cadran, & *E* est le cadran de secondes, également attaché à la platine-cadran par une vis & deux pieds : *F* est le quarré de fusée qui sert pour remonter le grand ressort-moteur de l'Horloge.

338. *G* & *H* sont deux axes fixés sur le tambour & dans une position diamétralement opposée : les bases de ces axes ou arbres *G*, *H* portent chacune un bout taraudé qui entre dans l'épaisseur du tambour. Les bouts *a*, *b* de ces arbres sont terminés en pivots, lesquels roulent dans les rainures faits au cercle *II*, lequel est de cuivre : au moyen de ces



## 100 DE LA MESURE DU TEMPS.

arbres à pivots *G*, *H*, le tambour peut se mouvoir autour des points *a* & *b*, & ce mouvement doit répondre à celui du *tangage*.

339. Le cercle de suspension *II*, porte, à angle droit des points *a* & *b*, deux arbres à pivots *K* & *L* : les bases de ces axes portent des vis qui entrent dans l'épaisseur du cercle de suspension, ce qui les fixe avec ce cercle ; les bouts de ces axes *K*, *L* sont terminés en pivots, & ils roulent en *c* & en *d* dans les rainures faites aux supports, *M* & *O* : les bases *N* & *P* de ces supports sont attachées chacune sur un des côtés *Q*, *R*, qui représente ici l'épaisseur de la boîte qui contient l'Horloge & la suspension : les vis 1, 2, 3, 4, sont les vis qui attachent les supports *M*, *N* & *O*, *P* à cette boîte ; le mouvement du cercle de suspension, & par conséquent du tambour, autour des pivots *c*, *d*, répond à celui du *roulis*.

340. Par la disposition que je viens d'indiquer, on voit que j'ai supprimé le demi-cercle & le pied de suspension, & que les supports *M*, *N* & *O*, *P*, tiennent lieu de ce demi-cercle ; ce moyen est en même-tems plus simple, & il donne moins de hauteur & de largeur à la boîte : car ici la boîte qui contient n° 37, n'a que quatre pouces 3 lig. de largeur & de hauteur en dedans.

341. La boîte qui contient l'Horloge doit porter en dehors une anse ou main, qui servira au transport de cette petite Horloge d'un lieu à l'autre, lorsqu'on veut en faire usage hors du vaisseau.

### *Remarque sur cette suspension.*

342. Dans la fig. 5, qui représente la suspension que je viens de décrire, je n'ai pas indiqué les pièces de précaution qui doivent retenir les quatre pivots dans leur rainures ; mais on peut aisément y suppléer par les moyens que je vais indiquer.

## PREMIERE PARTIE , CHAP. XII. 101

343. Premièrement, pour retenir dans leur rainures les deux pivots *c*, *d* portés par le cercle de suspension *II*, de sorte que par une agitation du vaisseau ces pivots ne puissent sortir de leur place, il faut donner assez de profondeur aux rainures des supports *N* & *O*, pour placer au-dessus de chaque pivot une cheville qui le contienne; cette cheville doit traverser le support, & être mise assez à force, pour ne pouvoir sortir que lorsqu'on veut la retirer en se servant de pinces à goupilles.

344. Secondement, pour maintenir dans leurs rainures les deux pivots *a* & *b*, portés par le tambour, on peut le faire par un moyen également simple: c'est qu'au lieu de former une rainure pour le pivot *a*, il faut percer un trou tout au bord supérieur du cercle *II*, ce qui retiendra ce pivot; & pour le pivot *b*, on le recouvrira par un talon attaché par une vis vers *b*: & lorsque l'on voudra ôter le tambour de dessus sa suspension, il suffira de détourner ce talon, & de dégager le pivot *a* de dedans son trou.

---

## CHAPITRE XII.

### *De la premiere Montre à Longitude portative.*

Il y a vingt-deux ans que je fis le Plan d'une Montre de poche à Longitude, dont le mouvement fut exécuté en blanc: (voy. *Introduction au Traité des Horloges Marines*, pag. xxiv: cet ouvrage est resté depuis lors dans le même état, parce que d'autres travaux m'ont occupé, & que d'ailleurs ce mouvement n'étoit pas assez bien fait: enfin, j'ai fait exécuter de nouveau cette machine avec la même construction (à l'échappement près): voici en gros la disposition & les dimensions de cette Montre (a).

(a) Cette Montre est terminée depuis | Monseigneur le Prince des Asturies,  
1785: elle est destinée pour S. A. R. |

## 102 DE LA MESURE DU TEMPS.

345. Elle est composée d'une cage principale, qui contient 1<sup>o</sup>, le régulateur ou balancier mobile entre six rouleaux, comme dans mes petites Horloges à Longitude; ces rouleaux sont placés dans deux petites cages contenues dans la grande, comme cela a lieu dans ma Montre Marine, ou n<sup>o</sup> 3 (décrite *Traité des Horloges*, n<sup>o</sup> 556) : 2<sup>o</sup> cette cage contient le barillet, la fusée, la roue des heures, & le cliquet du ressort auxiliaire.

346. Une troisième platine ou fausse-plaque forme, avec la platine des piliers de la cage régulateur, une seconde cage, dans laquelle est placée la roue de minute, la roue moyenne, la roue de secondes, la roue d'échappement, & l'échappement même. Cette troisième platine porte trois cadrans excentriques, sçavoir, celui des heures, celui des minutes & celui des secondes.

347. Les trois grandes platines ont juste 24 lig. de diamètre, &  $\frac{6}{12}$  d'épaisseur.

La hauteur de la cage du régulateur est de quatre lig. formée par quatre piliers.

Les deux petites platines des cages des rouleaux ont 13 lig. de diamètre comme le balancier.

La hauteur des piliers, des cages des rouleaux, est de 1 lig.  $\frac{3}{12}$ ; chaque platine porte trois piliers.

Épaisseur des petites platines,  $\frac{4}{12}$  lig.

Donc intervalle pour loger le balancier,  $\frac{10}{12}$  lig.

Les quatre piliers de la fausse-plaque, ont 3 lig. de hauteur.

348. Le balancier fait 6 vibrations par seconde; il est réglé par un spiral isochrone, travaillé de la même manière que ceux de mes petites Horloges à Longitude.

349. J'applique aussi à cette Montre le compensateur isochrone, afin de suppléer à ce qui peut manquer au spiral pour le parfait isochronisme des vibrations d'inégale étendue.

350. L'échappement est celui à vibrations libres, dont la palette & la détente sont suppléées de la manière que je l'ai décrit ci-devant par une *palette-ressort* & une *détente-ressort*. Voy. n<sup>o</sup> 69, la description de cet échappement.

351. Pour régler facilement cette Montre dans les différentes positions , j'ai placé quatre petites masses à la circonférence du balancier : on peut diminuer à volonté ces masses , sans démonter le balancier.

352. Les heures sont par renvoi comme dans les petites Horloges à Longitude.

353. La compensation du chaud & du froid se fait par un chassis , de même que dans mes grandes Horloges : ce chassis a 16 tringles.

*Description de cette Montre à Longitude , portative.*

Planche V , fig. 6 & 7.

354. La fig. 6 , Planche V , représente le dehors de la platine des piliers de la cage du régulateur & du moteur , sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement de cette Montre. Le dehors de cette platine forme avec la platine-cadran , une cage qui contient l'échappement & une partie du rouage ; la platine-cadran porte quatre piliers qui entrent dans les trous 1 , 2 , 3 , 4 de la platine *AA* ; 5 , 6 , 7 , 8 , marquent la position des quatre piliers de la cage du régulateur & du moteur ; ils sont placés en dedans de cette platine *AA* ; 9 , 10 , 11 montrent la position des trois piliers de la cage des rouleaux ; ils sont rivés sur une petite platine qui est de la grandeur du balancier ; cette platine forme avec le dedans de celle *AA* , la cage des trois rouleaux ponctués *a* , *b* , *c*.

355. *B* est le barillet ; *C* la roue des heures ; *d* le pignon de renvoi qui conduit cette roue ; ce pignon est porté par la roue de fusée ; *D* , est la roue de fusée , laquelle engrene dans le pignon *e* de la roue de minute *E* ; celle-ci engrene dans le pignon *f* de la roue moyenne *F* ; la roue moyenne engrene dans le pignon *g* , qui porte la roue *G* de secondes : celle-ci engrene dans le pignon *h* , qui porte la roue d'échappement *H* ; le pivot inférieur de la roue *H*

104 DE LA MESURE DU TEMPS.

d'échappement roule dans un trou fait à la platine *AA*, & l'autre dans un pont porté par cette platine : ce pont n'est pas ici représenté.

356. Le barillet *B*, la roue des heures *C*, & la roue de fusée *D*, sont mis en cage, dans la cage du régulateur, au moyen de la platine *AA*, & de celle *BB* fig. 7.

357. La roue de minute *E*, la roue moyenne *F*, & la roue de secondes *G*, sont placées dans la cage du rouage formée par le dehors de la platine *AA*, & de la platine-cadran qui n'est pas ici représenté.

358. *I*, *K*, *L* sont des portions des cadrans des heures, des minutes & des secondes, attachés chacun par une vis & un pied sur la platine-cadran.

359. Le pignon *d* de la roue de minute passe en dedans de la platine *AA* des piliers, pour engrener dans la roue de fusée ; le pivot de ce côté du pignon roule dans un trou de la platine *BB*, fig. 7, & l'autre pivot roule dans la platine-cadran ; ainsi l'axe de cette roue a toute la hauteur des deux cages du rouage & du régulateur.

360. *M* est le cercle d'échappement porté par l'axe du balancier : le balancier est ici représenté par le cercle ponctué *NN* : sur le cercle d'échappement *M*, est attaché le ressort-levée *i*, *k*, *l*, d'échappement ; *l*, *m*, *n* est le ressort-détente d'échappement ; voy. Chap. IV, n° 69, la description de cet échappement.

361. *P* est le pont du rouleau *a*, lequel se démonte pour retirer le balancier *p*, *q*, *r* ; *S*, la fente faite à la platine *AA*, pour le passage du balancier & du rouleau.

362. *BB*, fig. 7, représente le dehors de la seconde platine de la cage du moteur & du régulateur, sur laquelle est tracé le plan du régulateur & du moteur.

363. *5*, *6*, *7*, *8* sont les bouts des piliers portés par la platine *AA*, fig. 6 ; le cercle ponctué *A*, fig. 7, indique le barillet : le cercle ponctué *C* la roue des heures, & le cercle ponctué *D* la roue de fusée : le barillet, la fusée & la roue des heures sont mis en cage, comme je l'ai dit, entre  
la

PREMIERE PARTIE, CHAP. XII. 105

la platine *AA*, fig. 6, & la platine *BB*, fig. 7 : *E* est le rochet d'encliquetage du barillet placé en dehors de la platine *BB*; & *F* est le cliquet attaché sur cette platine.

364. *NN* est le balancier; *G, H, I* les trois rouleaux mis en cage en dedans de la platine *BB*, & de la petite platine *NN* de même grandeur que le balancier; 1, 2, 3, sont les piliers qui sont rivés sur la petite platine *NN*, & dont les bouts sont assemblés avec la platine *BB*.

365. Les lignes *a, b, c, d* représentent le chassis de compensation du chaud & du froid; ce chassis est composé de 16 tringles, dont 8 en acier & 8 en cuivre. On peut voir dans le *Traité des Horloges Marines* la construction de ce chassis, qui est ici trop petit pour être représenté: il est placé à plat parallèlement à la platine, comme dans ma première Montre Marine, Planche VIII du *Traité des Horloges Marines*; les deux tringles de cuivre du milieu du chassis *a, b, c, d*, agissent sur le petit bras *e* du levier *e, f, g* de compensation; ce levier est mobile en *f* par deux pivots, l'un qui roule dans la platine *BB*, & l'autre dans le pont *f, K, L* porté par cette platine. Le bras *g* du levier *e, f, g* agit sur la vis *h* portée par le bras *k* du pince-spiral *i, k; q, i* est la boîte qui forme le pince-spiral. Le bras *i* porte l'index *l* qui marque sur la portion du cercle gradué *m* de la platine *BB*, le chemin que le chaud & le froid produisent dans le mécanisme de compensation pour la correction du chaud & du froid; *R* est le piton du spiral: *qr* le ressort qui presse le pince-spiral contre le levier *g, f, e* de compensation; *MP* est le double pont du pince-spiral.

366. *Q* est le pont du rouleau *G*, il est attaché par deux vis sur la platine *BB*. Ce pont sert à approcher ou à écarter le rouleau *G* de l'axe de balancier pour lui donner le jeu prescrit (voy. ci-après Chap. XIX. la méthode que j'emploie pour donner le jeu convenable à l'axe de balancier). Le pont *Q* étant démonté, on peut retirer le rouleau *G*, afin de démonter le balancier au moyen de la fente *n, o, p* pratiquée aux platines.

○

## 106 DE LA MESURE DU TEMPS.

367.  $G, P, x$ , fig. 7, est un bras placé sous la vis  $P$  du pont  $Pq$  du pince-spiral, le bout  $x$  de ce bras appuie sur le ressort  $r q$  du pince-spiral. L'usage de ce bras est pour augmenter ou diminuer l'action du ressort & lui donner la tension convenable pour rendre les effets de la compensation parfaitement certains, voy. Chap. XIX, la méthode que j'emploie pour trouver ce point.

### *Dimensions de ma première Montre à Longitude portable.*

368. La roue de fusée fait un tour en quatre heures; elle a 80 dents, & 9 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre. Elle porte le pignon de renvoi des heures; ce pignon a 24 dents & 2 lig.  $\frac{11}{12}$  de diamètre.

La roue des heures a 72 dents, & 8 lig.  $\frac{5}{12}$  de diamètre.

La roue de minute a 128 dents & 10 lig. de diamètre, son pignon est de 20.

La roue moyenne a 120 dents & 9 lig.  $\frac{4}{12}$  de diamètre: son pignon a 16 dents.

La roue de secondes a 120 dents & 8 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre; son pignon a 16 dents.

La roue d'échappement a 15 dents & 7 lig. de diamètre; son pignon a 10 dents.

Le cercle d'échappement a 3 lig. de diamètre; l'arc de levée de l'échappement, est de 60 degrés.

Le balancier a 13 lig. de diamètre, & pèse 33 grains.

Le ressort-moteur tire 13 gros.

Le barillet est de toute la hauteur de la cage du régulateur.

### *Dimensions des Pivots.*

Pivots de fusée 1 lig.

De minute 0 lig.  $\frac{12}{48}$ .

De roue moyenne,  $\frac{7}{48}$ .

De secondes,  $\frac{4}{48}$ .

De la roue d'échappement,  $\frac{3}{48}$ .

Des rouleaux, 0 lig.  $\frac{3}{48}$ .

Pivot pince-spiral,  $\frac{4}{48}$ .

Le châssis a 10 lig. de largeur & 21 lig. de longueur; il est composé de 16 tringles, 8 d'acier & 8 de cuivre.

## CHAPITRE XIII.

*Description de la deuxième Montre à Longitude portable.*

369. LA Montre à Longitude portable dont j'ai donné une notion abrégée dans le Chapitre XII, étant trop composée, d'une exécution longue & pénible, j'en ai construit une plus simple d'après l'Horloge à Longitude n° 36, dont elle ne diffère que par ses dimensions : cette Montre est représentée Planche III, fig. 4 & 5.

370. Cette Montre est composée de deux platines de 25 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, qui forment la cage du rouage, & de deux petites, de 18  $\frac{1}{2}$  lig. de diamètre, qui forment deux cages au moyen de trois piliers à double base ; l'une de ces cages sert à placer le balancier (comme dans n° 36, fig. 1) & l'autre, pour y loger trois rouleaux : le mécanisme de compensation, à lame composée, est placé au dehors de ces cages.

371. Le balancier fait 6 vibrations par seconde : un de ses pivots (celui inférieur) tourne entre trois rouleaux, & l'autre dans le trou du pont pareil à celui *P O*, fig. 1.

372. Les deux petites platines sont fendues jusques à leur centre, afin de pouvoir démonter le balancier en ôtant un rouleau : cette disposition est commode pour augmenter ou diminuer à volonté le poids du balancier, & pour régler la Montre par ses diverses positions, au moyen des masses &c.

373. *AA*, fig. 4, représente le dehors de la platine-cadran, sur cette platine sont rivés les piliers 1, 2, 3, 4 ; *B* est le barillet, *C* le rochet d'encliquetage du grand ressort, cet encliquetage est placé au dehors de la platine-cadran ; de même que le cadran *O* des heures ; celui *M* de minutes & celui *S* de secondes : *G* est la roue des heures, *a* le pignon porté par le centre de la roue de fusée *F* : ce pignon *a* mène la roue des heures ; *e* est le pignon de minute ;

O 2



## 108 DE LA MESURE DU TEMPS.

*H* la roue de minute ; *I* la roue moyenne & *g* son pignon ; *K* la roue de secondes & *h* son pignon ; *L* la roue d'échappement & *l* son pignon ; *Q* le pont de cette roue ; *m q* le cercle d'échappement ; *o n* la détente ; *f* son pont : *m p q* le ressort-levée d'échappement porté par le cercle *m* : *P o* le pont du pivot supérieur du balancier ; *r* le ressort de la détente *o n* d'échappement : *f* est le plot du garde-chaîne, *f d* la direction du garde-chaîne, *d* le crochet de fusée ; *E* le cliquet du rochet auxiliaire ; *NC* le rochet d'encliquetage de la fusée ; 5, 6, 7 les bouts des pivots de la cage du balancier & des rouleaux.

374. *B B*, fig. 5, représente le dehors de la seconde platine du rouage ; 4, 5, 6, 7 sont les pivots des piliers de la cage du rouage ; *C* la platine des piliers de la double cage des rouleaux & de balancier ; *MM* le balancier ; 1, 2, 3 les rouleaux ; 8, 9, 10 les piliers à double base.

375. La disposition de la compensation étant la même dans cette Montre, que dans la petite Horloge n° 36. Je ne l'ai pas répétée dans la fig. 5. Il faut donc recourir à la fig. 3, Planche III, où *Ad* représente le pont de la lame de compensation ; ce pont porte en *d* une plaque qui sert de machoire pour fixer le bout *S* de la lame *S T* ; le bout *T* de la lame porte une vis *z* dont le bout agit sur le bras *y* du pince-spiral *x y* ; la vis *z* sert à former la compensation par l'action de la lame qu'elle communique au pince-spiral, & en même tems ; en tournant cette vis de droite ou de gauche, on règle la Montre au plus-près ; *V Y* est le pont du pince-spiral.

### *Dimensions du rouage.*

376. La roue de fusée a 80 dents & 9 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre ; elle engrene dans le pignon de minute de 20 dents & 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre.

La roue de fusée porte à son centre le pignon de renvoi des heures ; ce pignon, qui est en cuivre, a 24 dents & 2 lig.  $\frac{11}{12}$  de diamètre.

PREMIERE PARTIE , CHAP. XIV. 109

La roue des heures a 72 dents & 8 lig.  $\frac{5}{12}$  de diametre.  
La roue de minute de 128 dents, & de 10 lig. de diametre engrene dans le pignon 16 de la roue moyenne; ce pignon a 1 lig.  $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$  de diametre.

Roue moyenne, 120 dents; diametre, 9 lig.  $\frac{4}{12}$ ; engrene dans le pignon 16, de secondes; ce pignon a 1 lig.  $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$  de diametre.

Roue de secondes 120 dents, diametre 9 lig.  $\frac{4}{12}$ .

Roue d'échappement 15 dents, son pignon 10.

*Hauteur des piliers.*

Du rouage, 4 lig.

Du balancier, 2 lig.

Des rouleaux, 2 lig.  $\frac{1}{2}$ .

---

CHAPITRE XIV.

*Horloge à Longitude, N<sup>o</sup> 35.*

Planche IV.

377. **C**ETTE Horloge est particulièrement destinée pour servir aux vaisseaux Marchands : j'ai eu deux objets en vue en la construisant ; le premier, d'employer les moyens les plus simples, en sorte qu'elle puisse être exécutée en entier par un bon Ouvrier en pendule ; le deuxième, d'obtenir de cette machine toute l'exactitude requise pour la conduite du vaisseau, par la nature même de ses principes, & indépendamment de l'extrême perfection de la main d'œuvre, afin qu'une telle Horloge ne soit pas d'un grand prix.

378. Cette Horloge est à ressort égalisé par une fusée ; le balancier fait deux vibrations par seconde ; l'aiguille bat les secondes ; l'échappement libre de la construction la plus simple ; la compensation du chaud & du froid par un chassis

## 110 DE LA MESURE DU TEMPS.

composé de 7 tringles seulement : le compensateur est ajouté à cette machine, afin d'arriver plus promptement à l'isochronisme des vibrations. On peut faire usage avec cette Horloge de la table des arcs & de la température. Le mouvement doit être placé dans un tambour porté par une suspension pareille à celle représentée *Traité des Horloges Marines*, Planche XXVI, fig. 2.

379. La Planche IV, fig. 1, représente le profil du mouvement composé de trois grandes platines ; les deux premières *A A*, *B B*, forment la cage du rouage ; les deux platines *B B*, *C C*, forment la cage du balancier.

Le mouvement est en outre composé de deux petites cages particulières qui contiennent six rouleaux entre lesquels tournent les pivots du balancier : on peut au besoin faire exécuter ces deux cages & leurs rouleaux séparément par un Ouvrier en Montre.

380. *D* est la roue de fusée qui fait un tour en 12 heures ; le canon sur lequel cette roue est rivée, porte à frottement le cadran *E* des heures : le canon *a* de ce cadran est fendu pour former le frottement : *b* est le rochet auxiliaire : *c* le ressort qui sert à faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte (*a*) : *d* le rochet d'encliquetage de la fusée : *F* est la fusée, *e* son crochet, *a a* le quarré de remontoir.

La roue de fusée *D* engrene dans le pignon *f* de minutes, dont le pivot prolongé *g* porte l'aiguille ; *G* est la roue de minutes fixée sur l'axe du pignon *f g* ; elle engrene dans le pignon *h* de la roue moyenne : l'axe du pignon *h* porte la roue moyenne *H* : celle-ci engrene dans le pignon *i* qui porte la roue de secondes *I* dont le pivot prolongé *k* porte l'aiguille : la roue de secondes *I* engrene dans le pignon *l* d'échappement ; *m* est le cercle d'échappement, lequel porte un canon qui le fixe par une goupille au bout du pivot supérieur du balancier ; le cercle porte en *n* un petit pont

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 811, la description de ce mécanisme

PREMIERE PARTIE, CHAP. XIV. III

formant la machoire à laquelle est attachée le ressort de suspension *no* du balancier : le bout *o* du ressort est fixé à une seconde machoire *p* portée par le pont de suspension attaché par son pied au-dessus de la platine *B B*.

*q, r* sont les deux platines de la cage supérieure des rouleaux; *1, 2, 3* sont les rouleaux; *s*, est le pivot de balancier qui se meut entre ces trois rouleaux : cette cage est fixée par deux vis à la platine *B E* : *t, u* sont les deux platines de la cage inférieure des rouleaux; *4, 5, 6* sont les rouleaux : *v* est le pivot inférieur du balancier qui se meut entre ces trois rouleaux : le bout prolongé du pivot *v* de balancier porte le spiral *M* attaché sur la virole *x*.

381. *NN* est le balancier attaché par trois vis sur l'assiette *O*, laquelle est fixée sur l'axe *vs* du balancier.

Au-dessous du balancier est attaché sur son axe l'excentrique *y*, vu en perspective, fig. 5 : c'est sur cet excentrique qu'agit le petit rouleau *z* porté par la chappe *P* ; sur cette chappe est attaché le bout 7 de la lame du ressort compensateur ; pour cet effet, le bout 7 du ressort est fendu pour entrer sous les têtes de deux vis portées par la patte de la chappe ; le bout 8 de la même lame est fixé au pont à machoire *Q*.

Le rouleau, le ressort, la chappe & le pont sont vus en perspective fig. 5 : 9, 10 & 11, 12 représentent deux des piliers de la cage du rouage ; 13, 14 & 15, 16 deux des piliers de la cage du balancier.

382. La fig. 2 représente le dehors de la platine *AA* des piliers du rouage, ou *platine-cadran*, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement : *B* est le barillet : *C* le rochet d'encliquetage du grand ressort ; ce rochet & l'encliquetage doivent être placés au dehors de la platine-cadran : *E* est une portion du cadran des heures qui paroît à travers l'ouverture faite à la platine-cadran : *M* est une portion du cadran de minute, & *N* de celui de secondes : *D* est la roue de fusée ; *b* le rochet du ressort auxiliaire ; *d* le rochet d'encliquetage de la fusée ; *e* le crochet de la fusée ; *a* le plot du garde-chaîne *ae*, & *g* le ressort ; *c b* le cliquet du rochet auxiliaire ; 4, 5, 6, 7 sont les piliers de

## 112 DE LA MESURE DU TEMPS.

la cage du rouage rivés sur la platine *AA* ; 8, 9, 10 les bouts des piliers de la platine du balancier.

383. *G* est la roue de minute ; *f* son pignon ; *H* la roue moyenne , *h* son pignon ; *I* la roue de secondes , *i* son pignon ; *K* la roue d'échappement , & *ll* son pignon ; *m* le cercle d'échappement , *no* le ressort-détente , *p* le ressort-levée d'échappement : *L* le pont du ressort de suspension du balancier ; *T* un pont de précaution pour empêcher le balancier de remonter & de faire casser le ressort de suspension ; *R* est le pont de la roue d'échappement ; *P* est une portion de la platine du balancier graduée en degrés pour connoître l'étendue des arcs de vibrations : *Q* est un pont de précaution pour garantir le pivot de la roue de secondes lorsqu'on remonte le mouvement , sans cela cette roue pourroit être accrochée par le bout du pont *R* de la roue d'échappement.

384. *CC*, fig. 3, est le dehors de la platine du balancier sur laquelle sont rivés ses trois piliers ; *d, e, f, g* sont les places des bouts des piliers de la cage du rouage qui s'assemblent avec la seconde platine (*BB*, fig. 1) : *uu* les platines de la petite cage des rouleaux attachées par deux vis à la platine *CC* ; 4, 5, 6 sont les rouleaux : *NN* le balancier : *Pz* la chappe & le rouleau du compensateur : 7, 8 le ressort , *Q* le pont portant la machoire *hi* qui fixe ce ressort ; *y* est l'excentrique sur lequel agit le rouleau *z* pour amener les vibrations à l'isochronisme ; *l* est une portion du spiral attaché en *m* au pignon *mM*.

385. *AB* est le châssis de compensation attaché en *A* au pont *AD* : *op* le grand levier de compensation mobile en *o* ; le petit bras *q* de ce levier appuie sur le bout de la tringle du milieu du châssis ; le grand levier *p* appuie sur le bout de la vis *r* portée par une boîte attachée au bras *s* du pince-spiral *f, t* ; la boîte *v* du pince-spiral est fendue en dessous pour le passage du spiral ; *E, p, y* est le pont du pince-spiral.

386. La fig. 4, représente le châssis de compensation en plan ; sur la traverse *AB* sont fixés les bouts des tringles de

PREMIERE PARTIE, CHAP. XIV. 113

de cuivre : & sur la traverse  $CD$  sont fixés les bouts  $c d$  des mêmes tringles ; sur la traverse  $CD$  sont aussi fixés par des chevilles les bouts  $e f$  des tringles d'acier ; les autres bouts des mêmes tringles sont fixés à la traverse  $E$  ; celle-ci porte de même les bouts  $g h$  des tringles de cuivre dont les bouts opposés des mêmes tringles sont fixés par deux chevilles à la traverse  $F$  ; enfin à celle-ci est fixé le bout  $i$  de la tringle d'acier du milieu : l'autre bout de la même tringle passe librement à travers les traverses  $E, F, A, B$ , pour aller agir sur le petit bras du levier de compensation.

Les tringles doivent avoir 1 lig.  $\frac{1}{2}$  de diametre.

*Dimensions du Rouage.*

387. Les trois platines ont 54 lig. de diametre.

Hauteur des piliers, cage, rouage, 15 lig.

De la cage du balancier, 9 lig.

La roue de fusée a 29 lig. de diametre & 240 dents.

Roue de minute, 160 & 19 lig.  $\frac{1}{3}$ .

Roue moyenne, 150 & 18 lig.

Roue de secondes, 120 & 14 lig.  $\frac{1}{2}$ .

Roue d'échappement, 10 dents.

Les quatre pignons sont de 20, & 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diametre.

Le balancier, 44 lig. de diametre : le spiral étant de même force que celui de n° XXV, le balancier pesera 486 grains ; ses pivots de  $\frac{1}{48}$  de diametre : les autres pivots des dimensions de ceux de l'Horloge n° XXIV, (n° 182).



## CHAPITRE XV.

*De la construction d'une Montre Marine la plus simple pour les vaisseaux marchands, les pivots de balancier tournant dans des trous sans rouleaux.*

388. L'APPLICATION des rouleaux au régulateur d'une Horloge à Longitude est un moyen précieux pour réduire les frottements : mais comme cette application exige un travail assez considérable ; il paroît nécessaire d'examiner comment on peut supprimer les rouleaux, & quelle doit être dans ce cas, la disposition de la machine pour en obtenir encore assez de justesse, & pouvoir être employée dans les usages ordinaires de la navigation & sur-tout pour servir aux vaisseaux Marchands. C'est dans cette vue que je construisis en 1777, & fis exécuter la même année une Horloge à ressort, dont les pivots de balancier tournent dans des trous. Cette Horloge est désignée par n° 7.

389. Le balancier de cette Horloge ( n° 7 ) a 27 lig. de diamètre, & fait quatre vibrations par secondes ; il est suspendu par un ressort & pèse 92 grains ; les pivots ont  $\frac{1}{4}$  lig. de diamètre ; le balancier décrit des arcs de 160 degrés.

L'échappement est à vibrations libres, ainsi l'aiguille des secondes bat les demi-secondes.

La compensation est à chassis comme dans mes grandes Horloges.

Le ressort est égalisé par une fusée, & tire 13 onces à 4 pouces du centre : la roue de fusée fait un tour en 12 heures ; elle porte le cadran des heures.

Cette Horloge est horizontale & maintenue dans cette position par une suspension comme mes autres Horloges.

390. En construisant cette machine, j'avois sur-tout en

PREMIERE PARTIE, CHAP. XV. 115

vue de la faire servir à mes expériences particulières, & de ne l'envoyer en mer qu'après des épreuves certaines : je vais rapporter quelques-unes de ces expériences, lesquelles doivent servir à fixer les dimensions d'une Horloge, dont le régulateur n'a pas de rouleaux.

391. La premiere observation que l'on doit faire sur cette Horloge, c'est que la force motrice est fort grande, relativement au peu de puissance du régulateur, ce qui prouve combien les frottements des pivots de balancier sont grands : car si on compare la force de mouvement du balancier de n° 7 à celle du balancier de n° 4 dont les pivots tournent entre des rouleaux, on trouvera que la puissance de n° 4 est à celle de n° 7, comme 21 est à 2, tandis que la force motrice de n° 4 est à celle de n° 7, comme 93 est à 52 : voy. la forme de ce calcul, *Traité des Horloges Marines*, n° 1445 & suiv.

392. Lorsque cette Horloge eût marché quelque tems, j'examinai les pivots du balancier ; j'en trouvai un qui étoit marqué & l'huile noircie, ce qui prouve que le balancier est encore trop pesant pour n'avoir pas de rouleaux.

393. Je fis aussi marcher l'Horloge en l'inclinant de 10 degrés : les arcs de vibrations diminuoient tout de suite.

394. Quant à la marche de l'Horloge, elle a été assez irrégulière, pour que je me fois décidé à ne pas faire usage de cette machine.

395. Maintenant je pense cependant qu'en construisant une nouvelle Montre, on pourroit encore obtenir assez de justesse quand même les pivots de balancier rouleroient dans des trous ; mais pour cela il faut que le balancier soit beaucoup plus petit & plus léger que celui de n° 7 ; je vais en proposer la construction & les dimensions.

396. Le balancier doit être horifontal, & la pointe du pivot inférieur doit rouler sur un diamant.

Pour conserver la Montre dans cette position horifontale, il seroit à propos d'employer une suspension mais plus simple :



## 116 DE LA MESURE DU TEMPS.

le mouvement doit être placé dans un tambour chargé d'un poids, &c.

En donnant peu de puissance au balancier, il faut réduire le rouage à proportion, & tenir les roues légères.

Le balancier devra faire quatre vibrations par secondes, & être du poids de 40 grains au plus.

### *Description de la Montre Marine horizontale sans rouleaux.*

#### Planche II.

397. La fig. 7 représente la platine-cadran, ou des piliers, sur laquelle est tracé le plan de la Montre.

398. Le mouvement de cette Montre est disposé de la même manière que ceux des Montres à Longitude; les cadrans des heures, des minutes & des secondes sont excentriques, & portés par la platine des piliers; la roue de fusée doit être disposée comme celle des Horloges à Longitude, avec un mécanisme pour faire marcher la Montre pendant qu'on la remonte, ou bien on peut suppléer ce mécanisme par une détente disposée comme dans ma première Montre Marine. Voy. *Traité des Horloges*, Planche VIII, fig. 2, & N° 581.

399. Cette Montre est composée de deux platines de 30 lig. de diamètre, qui forment la cage du rouage, au moyen de 4 piliers de 9 lig. de haut.

*A*, *A* est la platine-cadran; 1, 2, 3, 4, les piliers rivés sur cette platine; *B* le barillet, qui doit contenir le ressort moteur; *C* le rochet d'encliquetage du ressort-moteur; *D* la roue des heures; *E* le cadran; la roue *D* a 84 dents, & 10 lig. de diamètre; le pivot prolongé de l'axe de cette roue porte l'aiguille des heures; *F* est le pignon de renvoi, lequel, porté par la roue de fusée, conduit la roue des heures. Ce pignon a 35 dents & 4 lig.  $\frac{2}{10}$  de diamètre: *G* est la roue de fusée, elle a 80 dents & 12 lig.  $\frac{1}{12}$  de diamètre; elle en-

PREMIÈRE PARTIE, CHAP. XV. 117

engrene dans le pignon *a* de minute; ce pignon a 16 dents & 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre, le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille des minutes: *H* en est le cadran; *I* est la roue de minute, elle a 96 dents & 12 lig. de diamètre; elle engrene dans le pignon *b* de la roue moyenne; ce pignon est de 12, il a 1 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre.

*K*, est la roue moyenne, elle a 90 dents & 11 lig.  $\frac{3}{12}$  de diamètre; elle engrene dans le pignon *c* de secondes, qui a 12 dents & 1 ligne  $\frac{1}{2}$  de diamètre; le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille de secondes; *L* est la roue de secondes, elle a 80 dents & 10 lig. de diamètre; *M* est le cadran de secondes: la roue de secondes *L*, engrene dans le pignon *d* d'échappement; ce pignon a 10 dents & 1 lig.  $\frac{3}{12}$  de diamètre.

400. La roue d'échappement *N*, est placée à fleur du dedans de la seconde platine; *O*, est le pont de cette roue; *efg*, la détente-ressort d'échappement; *fhi*, le ressort levé d'échappement; ce ressort est fixé par la vis *i*, sur le cercle d'échappement *if*; *P* est le pont de l'axe du balancier attaché en dedans de la seconde platine. Il faut ici employer un pont de précaution, pour garantir les pivots de la roue de secondes, lorsqu'on remonte le rouage. (Voy. ci-devant nos 307 & 383).

401. Le balancier a 20 lig. de diamètre, il peut peser de 30 à 40 grains.

Le spiral peut être trempé, plié; il devra faire 6 tours, la lame travaillée comme celle des spiraux des Montres à Longitude.

402. Planche II, fig. 8, représente les dehors de la seconde platine du rouage; elle porte le balancier & le mécanisme pour la correction du chaud & du froid.

*BB*, est la platine; 1, 2, 3, 4, les bouts des pivots des piliers; *CC*, est le balancier.

*DE*, est le pont du balancier & du pince-spiral; la patte *D* est attachée à la platine; *E*, est le pont du pince-spiral,

## 118 DE LA MESURE DU TEMPS.

& *F* le coqueret qui porte le pivot inférieur du balancier. Le double pont *DE* est vu de profil, fig. 9.

403. *De* fig. 9 est le premier pont, lequel s'attache à la platine; le bout *e* reçoit le pivot *e* de l'axe *de* du pince-spiral, le pivot *d* entre dans le trou fait en *d* au deuxième pont *Ed*; le bras *b* ou palette du pince-spiral *ab*, est celui sur lequel agit la vis de la lame composée; le bras *a* porte la boîte *ca*, fendue en *a*, pour le passage du spiral. C'est le mouvement de cette partie *a*, qui forme la compensation, en rendant le spiral plus long ou plus court; le coqueret *f* reçoit le pivot du balancier. L'axe du balancier passe, comme j'ai dit, dans le trou de l'axe *de*, du pince-spiral, cet axe étant formé par un canon: au-dessus du coqueret *f*, qui est en cuivre, doit être placé le diamant ou rubis, pour recevoir le bout du pivot de balancier; c'est celui-ci qui devient celui d'en-bas, lorsque la Montre est placée horizontalement, le cadran en haut.

404. *Ab* fig. 8, est le pince-spiral, & *b* le levier, sur lequel agit la vis *c* de la lame composée; *GH* est le pont à machoire, sur lequel cette lame est fixée.

405. Le spiral doit être placé, comme je l'ai dit, tout près du balancier *CC*, & au-dessus. Le pont *E* passe au-dessus du spiral, ainsi le piton *h* doit descendre au-dessous du pont. Pour cette effet, il faut que ce piton porte un talon, pour aller gagner la hauteur du spiral: ce piton peut être disposé comme ceux des Horloges à Longitude & fixé par une vis: & tel étoit celui de ma seconde Montre Astronomique.



## CHAPITRE XVI.

*Horloge à Longitude horizontale à poids , de la construction la plus simple, & réduite au plus petit volume.*

406. J'AI traité ci-devant des principes & de la construction des petites Horloges à Longitude à ressort (a), & j'ai reconnu par des épreuves sûres, que ces machines peuvent remplir l'objet de leur destination ; mais malgré leur succès, j'insisterai toujours sur la préférence que méritent les Horloges à poids (b). Les accidents arrivés à celles-ci, dans le transport par terre, de Paris à Brest, ou au retour, ne peuvent faire renoncer à leur usage : elles présentent trop d'avantages pour les abandonner. Je vais donc de nouveau m'occuper de la construction d'une Horloge à poids, dans laquelle j'espère vaincre toutes les difficultés qui s'opposent à la facilité du transport de ces machines ; & je tâcherai de réunir dans celle-ci, tous les moyens de perfection que l'expérience & l'étude m'ont acquis, en m'appliquant surtout à la simplifier autant qu'il est possible, & en la réduisant au plus petit volume. Mais avant d'en tracer la composition & les dimensions, je dois parcourir ici les défauts que j'ai reconnus dans mes anciennes Horloges à poids.

407. 1°. Les *Horloges Marines* à poids, que j'ai construites & exécutées jusqu'à présent, sont d'un trop grand volume, trop pesantes & embarrassantes, enforte que, pour les porter à Brest, j'ai été obligé pendant la guerre de les envoyer par les voitures publiques ; de-là les accidents, au

(a) Chapitre IX.

(b) *Traité des Horloges Marines*, N° 313.

lieu que réduites à un plus petit volume , on les eût transportées dans des chaises de poste , comme celles à ressorts.

408. 2°. Les balanciers de ces Horloges sont beaucoup trop pesants , ce qui les expose dans le transport par terre , à casser les pivots des rouleaux , & à la mer , les rend trop susceptibles des commotions de l'artillerie du vaisseau.

409. 3°. La force de mouvement du balancier étant fort grande , la force motrice en a dû être augmentée à proportion , & de-là l'augmentation de volume de l'Horloge , &c.

410. 4°. Par une suite de cette grande puissance du Régulateur , & de la force motrice , les roues sont plus grandes , plus pesantes , & par conséquent , causent plus de frottemens , &c.

411. 5°. Le mécanisme de compensation , dans ces grandes Horloges , est nécessairement de plus grandes dimensions & plus pesant : l'Horloge est par là plus exposée à tous les effets des agitations. Or , en réduisant la puissance du Régulateur , on peut employer la lame composée en place du chassis : ce moyen est beaucoup plus simple ; & , étant bien exécuté , il est aussi sûr.

412. 6°. Des expériences décisives & souvent répétées m'ont appris que les arcs de vibrations du balancier diminuent à la longue , & plus ou moins , selon la qualité des huiles ; en sorte que , malgré que le spiral ait été jugé sensiblement isochronisme , cependant comme cet isochronisme n'a lieu que dans des arcs qui diffèrent peu entr'eux , il s'ensuit des variations dans l'Horloge.

413. 7°. Deux défauts qui ont lieu dans les Horloges à poids , que j'ai corrigés dans mes nouvelles Horloges à ressort. C'est 1°. Les roues de cylindre ; de minute & roue moyenne , tournoient sur les portées des pivots , ce qui causoit un très-grand frottement , qui creusoit même les platines : de même les poids des leviers & pinces-spiraux de compensation rouloient sur leurs portées ; 2°. Les ponts de suspension du balancier , & les piliers de la cage du Régulateur , étoient en cuivre , tandis que l'axe du balancier & le ressort  
de

de suspension de balancier étant d'acier, il en résulteroit des dilatations différentes qui rendoient le spiral, tantôt libre, & tantôt forcé.

414. Dans toutes mes Horloges à poids, les piliers de la cage du poids sont attachés à la platine inférieure de la cage du Régulateur, en sorte que les secouffes du poids ont dû tendre à faire fléchir cette platine, qui d'ailleurs est fendue pour le passage du balancier. Et ces effets ont dû nécessairement changer la compensation, & même ont mis le spiral dans divers états forcés, ce qui a pu produire deux nouvelles causes de variation.

415. Par tout ce qui précède, on voit que la plupart des obstacles dont nous venons de parler dans les Horloges à poids, sont causés par la trop grande force des ressorts spiraux, ou puissance de mouvement du Régulateur : car cette force étant donnée, le balancier devient plus pesant, le poids moteur a plus de pesanteur, & plus de descente, les roues doivent être plus grandes & plus pesantes ; le mécanisme de compensation plus grand & delà le volume de l'Horloge plus grand. En général dans les Horloges Marines, faites sur les mêmes principes, les quantités de force motrice augmentent dans la même proportion que les forces des ressorts spiraux, dont les balanciers décrivent des arcs semblables, ou ce qui revient au même, comme les quantités de mouvement des balanciers ; ainsi, lorsque la force de mouvement d'un balancier est quatre fois plus grande que celle d'un autre balancier, la force motrice est aussi quadruple, ou très-approchant.

Pour réduire le volume de l'Horloge, & vaincre tous les obstacles ci-dessus énoncés, il suffit donc de diminuer la puissance du Régulateur, & proportionnellement toutes les parties qui constituent l'Horloge, & on réunira la même exactitude à plus de commodité, & moins d'accidens, soit dans son transport par terre, soit qu'à la mer elle soit exposée aux commotions de l'artillerie du vaisseau. Nous donnerons ci-

Q

après la construction & les dimensions de cette nouvelle Horloge, lorsque nous aurons établi quelques principes & observations qui peuvent être utiles aux Horloges & aux Montres à Longitude en général.

---

### ARTICLE I.

*Des limites de la force de mouvement du Régulateur des Horloges à Longitude.*

416. Les épreuves qui furent faites de l'Horloge Marine, N<sup>o</sup> 8, en 1768, me firent connoître que les arcs de vibrations avoient eu une grande diminution, causée par l'épaississement des huiles. Je cherchai à éviter ce défaut, en construisant les grandes Horloges N<sup>os</sup> 9, 10, 17, &c. dont le Régulateur avoit une plus grande force de mouvement : mais diverses expériences m'ont fait reconnoître depuis, que cette diminution dans les arcs, dépend moins de la quantité absolue de la force de mouvement du Régulateur, que de la nature même des huiles & des frottemens, qui, dans les grandes Horloges, augmentent, ainsi que je l'ai appris trop tard, dans le rapport même de la force de mouvement, à cause des obstacles de la matiere, & que les pesanteurs, & par conséquent, les frottemens croissent à peu-près comme les forces. C'est donc en bien pure perte, que j'ai fait de si grandes Horloges d'une exécution pénible, d'une grande dépense, & auxquelles j'ai employé tant de temps. D'autres expériences fort nombreuses m'avoient aussi fait reconnoître que les arcs de vibration du balancier, devenoient plus petits par le froid, enforte que c'étoit une nouvelle raison pour devoir juger l'augmentation de force de mouvement absolument nécessaire ; cependant, d'après les expériences les plus sûres & souvent répétées, j'ai toujours trouvé que les arcs diminuent par le froid, soit que l'Horloge ait un grand Ré.

gulateur puissant, soit que sa force soit beaucoup plus petite (a) : que ce soit une Horloge à vibration lente, comme N° 8, ou prompte comme N° 6 : la quantité de diminution des arcs est sensiblement la même dans les unes & dans les autres, avec les huiles de même qualité.

417. Ces diverses considérations & expériences me ramènent naturellement à ce principe, *que ce n'est pas la quantité absolue de la force de mouvement d'un Régulateur, qui détermine la justesse constante de l'Horloge, mais que cela dépend du rapport entre la force de mouvement du Régulateur, & la quantité de frottement & de résistances des huiles, &c.* (*Traité des Horloges Marines*, N°s 76 & 128).

418. De ce qui précède, il suit qu'il y a dans une machine qui mesure le temps par un balancier, une force moyenne pour former un bon Régulateur, & telle est celle du Régulateur de l'Horloge n° 8 à poids, (b) & de ceux des petites Horloges, n°s XXV, XXVII, XXXVI, dont j'ai donné la description ci-devant.

419. Les considérations que je viens d'énoncer, ne sont pas les seules qui doivent établir la préférence d'une force de mouvement moyenne dans le Régulateur d'une Horloge Marine ; une autre également puissante naît des agitations du vaisseau & des commotions de l'artillerie ; car plus le balancier sera grand & pesant, plus les agitations & commotions doivent en altérer le mouvement.

420. Une autre raison, c'est que les machines grandes & pesantes ne sont point portatives, étant exposées à tous les accidens du transport par terre.

421. Une observation essentielle qu'il faut encore faire ici, relativement à une Horloge dont les vibrations sont à demi-secondes, c'est que ce n'est point tant la nature des vibrations lentes ou promptes en elles-mêmes, qui détermine absolument la propriété d'un Régulateur, pour n'être pas suf-

(a) J'entends ici que l'Horloge ait une force de mouvement moyenne, car si elle étoit fort petite, comme dans les Montres, l'effet seroit encore plus sensible.  
(b) Décrite, *Traité des Horloges Marines*.



ceptible des agitations. Car j'ai fait des Montres de poche dont le balancier faisoit des vibrations de demi-secondes, qui n'étoit cependant pas susceptible des agitations, parce que ces balanciers étoient légers, & décrivoient de très-grands arcs : un balancier grand & pesant, qui feroit 6 vibrations par secondes, feroit donc, en effet, plus susceptible des agitations, qu'un balancier petit & léger, qui feroit deux vibrations par seconde; en un mot, le plus ou moins d'effet des agitations dépend plus particulièrement de l'inertie propre au balancier, indépendamment de la nature de ses vibrations. On peut donc parvenir à avoir un excellent Régulateur petit & léger à vibrations lentes, si on diminue les frottemens & résistances des huiles dans le même rapport de la diminution de puissance du Régulateur, (voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 128.)

---

## ARTICLE II.

### *Du mécanisme de la compensation.*

422. Parmi les divers moyens qui servent de base à la constante justesse des Horloges & des Montres à Longitude, ceux qui sont les plus essentiellement importants, sont 1° que le Régulateur soit tellement construit & exécuté, que l'étendue des vibrations du balancier soit toujours la même (a); 2° que les oscillations d'inégales étendues décrites par le balancier, soient isochrones (b); 3° enfin que le mécanisme des compensations du chaud & du froid soit parfaitement immuable, c'est-à-dire, que ses effets soient constamment les mêmes. J'ai suffisamment traité des deux premiers articles; je ne m'arrêterai qu'au troisième, qui exige encore quelques ob-

(a) *Traité des Horloges Marines*, N° 74.

(b) *Traité des Horloges Marines*, N° 138.

servations particulières sur lesquelles je vais de nouveau insister.

423. La première, c'est que le moyen de correction du chaud & du froid, soit tel que par tous les passages du chaud au froid, ou du froid au chaud, le mécanisme revienne rigoureusement au même point, en sorte que l'Horloge ou la Montre qui étoit réglée à 15 degrés de température, je suppose, soit encore réglée par ce même degré, lorsque la machine aura éprouvé dans l'intervalle de grands froids, ou de grands chauds : car si elle diffère, cela annonce un vice dans le mécanisme de compensation.

424. La seconde condition que l'on doit exiger, c'est que si l'Horloge ou la Montre reçoit quelques agitations, ou secousses, le moyen de compensation revienne toujours au même point où il étoit auparavant, de sorte que la marche de l'Horloge ou de la Montre, n'en soit point affectée : car si cette marche vient à changer par ces diverses agitations ou secousses, c'est une preuve que le moyen de compensation est vicieux, soit dans la construction, soit dans l'exécution.

425. Si donc je suppose que le mécanisme de compensation est un de ceux que j'ai appliqué dans mes Horloges & Montres à Longitude, & dans lesquelles la compensation est produite par le chemin du pince-spiral : dans ce cas, cela peut dépendre, ou du chassis (a) qui est mal exécuté, & qui n'est pas libre, ou bien de la lame composée, qui est mal faite : dans l'un ou l'autre cas, il faut s'en assurer par un examen réfléchi : mais le défaut dont nous parlons ici, peut être tout simplement produit par le trop, ou trop peu de force du ressort du pince-spiral : c'est pour en

(a) Je dois ajouter ici que dans les petites Horloges & Montres à Longitude, il est préférable d'employer la lame composée ; ce moyen est plus simple, & peut être facilement exécuté avec toute la perfection requise ; au lieu qu'il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, de faire un chassis si petit, sans avoir à craindre que ses effets ne soient incertains : & ses défauts sont encore augmentés par le grand levier, les frottemens des pivots, &c.

mieux assurer l'effet que je fais porter par le bras du pince-spiral, un index qui répond à des divisions très-petites, ce qui sert à montrer si le pince-spiral est immuable, en sorte qu'en soulevant, ou en pressant cet index avec le doigt, il réponde cependant toujours au même point de division. En général, le ressort du pince-spiral doit être foible & proportionné à l'effort que le mécanisme peut supporter.

426. Le pince-spiral doit être le plus léger & le plus court que comporte le spiral sur lequel il agit; & le ressort qui le presse ne doit avoir que la force nécessaire pour faire appuyer continuellement le pince-spiral sur la lame, ou sur le chassis: toute force excédente devient nuisible, & rend incertain le mouvement du pince-spiral. Il fuit delà, que plus le pince-spiral est léger, & moins est grande la résistance qu'il oppose au mécanisme de compensation: la trop grande résistance du pince-spiral produit ici le même effet, qu'une lentille trop pesante sur un pendule composé, (Essai N<sup>o</sup> 1741), & *Traité des Horloges Marines*, N<sup>o</sup> 1314.

427. Pour mieux assurer les effets du mécanisme de compensation, il est nécessaire que les points de contact se fassent sur un rubis bien placé, & parfaitement poli. Il faut de plus apporter tous les soins possibles dans l'exécution des pivots du pince-spiral, que ces pivots soient d'un diamètre proportionné à l'effort du spiral: on ne peut trop insister sur la perfection de toutes les parties du moyen de correction; car toutes les autres parties de l'Horloge étant bien, il suffit de quelques vices dans le mécanisme de compensation, pour faire varier sensiblement la machine.

---

### ARTICLE III.

*De la construction de l'Horloge à Longitude horizontale à poids.*

428. L'Horloge que nous allons décrire, est particulièrement construite pour pouvoir être exécutée en entier,

par un Horloger placé dans un port de mer , & dénué des secours que procure la Capitale, & fans autre instrument qu'une machine à fendre. Car même à Paris, j'ai éprouvé beaucoup de difficultés pour faire exécuter les grands ressorts moteur de mes petites Horloges à Longitudes ; & pour m'en procurer un passable, j'ai toujours été obligé d'en faire exécuter 3 ou 4 : d'ailleurs les Horloges à ressort exigent des outils à fusée faits exprès , &c. Ce sont ces considérations, qui jointes aux avantages réels des Horloges à poids , m'ont engagé à construire cette nouvelle Horloge , en la réduisant au plus petit volume possible , & en rendant la construction la plus simple , & telle cependant qu'un Artiste adroit & intelligent puisse l'exécuter.

429. En réduisant d'après le principe du N<sup>o</sup> 417, la force de mouvement du Régulateur, j'en ai obtenu plusieurs avantages ; 1<sup>o</sup>. celui de diminuer à proportion le volume de la machine ; 2<sup>o</sup>. de n'employer que trois rouleaux de la même manière que je l'ai fait dans N<sup>o</sup> 36 à ressort ; 3<sup>o</sup>. de faire rouler la pointe de l'axe du balancier sur un diamant, & de supprimer le ressort de suspension du balancier, (voy. N<sup>o</sup> 296, 4<sup>o</sup> enfin, d'employer la lame composée pour la compensation du chaud & du froid, moyen plus simple que le chassis ; & je me suis assuré par des expériences certaines, que la compensation par une lame, est très-bonne dans de petites Horloges à Longitude.

430. Pour rendre cette Horloge plus simple, je supprime tout à fait la cage du poids employée dans mes grandes Horloges : le poids descendra librement dans le tambour, en sorte que dans aucuns cas il ne peut nuire à l'Horloge, en altérant les effets de la compensation, ainsi que cela arrivoit avec la cage du poids, (voy. N<sup>o</sup> 414).

431. Dans cette disposition du poids moteur, il y a deux effets nuisibles qu'il faut prévenir ; le premier, c'est d'empêcher que le poids ne puisse tourner sur lui-même, & faire tordre la corde ; le second, c'est que le poids ne puisse changer de plan.

432. Pour empêcher que le poids ne puisse tourner sur lui-même dans les agitations du vaisseau, & faire tordre la corde, il faut attacher au-dedans du tambour, une règle placée verticalement à la circonférence intérieure : la platine du poids fera entaillée convenablement dans la circonférence, pour recevoir cette règle : par ce moyen, le poids descendra librement.

433. Pour empêcher qu'en remontant l'Horloge, le poids ne monte pas trop haut, & n'aille frapper des pièces de l'Horloge, il faut fixer au bord de la platine du poids, trois bras ou broches, qui étant de la longueur convenable, arrêteront le poids, sans qu'il puisse trop approcher du mouvement : les bouts de ces bras iront poser contre le dessous de la *batte* qui porte la platine-cadran : ces mêmes bras serviront en même-tems à maintenir le poids dans son plan horizontal : ces trois bras doivent être placés convenablement, pour pouvoir entailler la seconde platine du rouage, de sorte qu'ils ne rencontrent ni roues, ni pièces auxquelles ils puissent nuire.

434. Le tambour que j'ai fait exécuter pour cette Horloge a 7 pouces de hauteur en dedans, & 3 pouces 9 lig. de diamètre : c'est sur ces mesures qu'il faut établir toutes les dimensions de l'Horloge.

435. Le mouvement de cette Horloge est composé de quatre platines en tout, savoir, deux de 42 lig. de diamètre qui forment la cage du rouage, la troisième de 36 lig. qui, avec la seconde platine du rouage, forme la cage du balancier ; cette troisième platine porte en dehors les 3 rouleaux entre lesquels tourne le pivot inférieur du balancier ; ces rouleaux sont maintenus par des ponts : la quatrième platine a 44 lig. de diamètre ; c'est elle qui portera en dessous le poids moteur, & en dessus les deux poulies sur lesquelles passe la corde : cette quatrième platine porte aussi en dessus, les trois bras servant à empêcher les balancemens du poids, & à fixer son remontage.

*Élévation*

*Élévation de l'Horloge.*

436. Les piliers de la cage du rouage ont de hauteur	12 lig.
Ceux de la cage du balancier	3
La hauteur du pont du pince-spiral est de	10 lig.
Épaisseur de deux platines	1 $\frac{1}{3}$ .
Épaisseur du poids moteur	9
Sa platine	0 $\frac{2}{3}$ .
	36

A ôter de 84 lignes hauteur du tambour.

Reste 48 lig. pour la descente du poids.

437. La roue de cylindre fait un tour en 12 heures ; elle porte le cadran des heures ; ainsi cette roue doit faire 2 tours  $\frac{1}{2}$  en 30 heures , temps que l'Horloge doit marcher sans être remontée.

438. Le poids est moufflé ; ainsi la longueur de la corde est de 2 fois 48 lig. = 96 : en divisant par 2 tours  $\frac{1}{2}$ , on a 38 lig.  $\frac{2}{7}$ , pour la circonférence du cylindre , dont on trouve le diamètre par la proportion suivante.

$113 : 355 : : x : 38 \frac{2}{7}$ , ce qui donne 12 lig. environ  $\frac{2}{12}$ , pour le diamètre du cylindre.

*Dimensions du rouage.*

439. La roue de cylindre ou des heures a 24 lig. de diamètre & 192 dents.

Roue de minute, 16 lig & 128 dents ; le pignon de minute a 2 lig. de diamètre & 16 dents.

Roue moyenne, 15 lig. de diamètre, & 120 dents ; son pignon 2 lig. de diamètre & 16 dents.

La roue de secondes a 10 lig. de diamètre & 96 dents ; son pignon 2 lig. de diamètre & 16 dents.

La roue d'échappement a 6 lig. de diamètre & 10 dents ; son pignon 1 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre & 16 dents.

R

## 130 DE LA MESURE DU TEMPS.

Le cercle d'échappement a 3 lig.  $\frac{7}{12}$ ; levée d'échappement, 60 degrés.

440. Le balancier fait deux vibrations par seconde; il a 30 lig. de diamètre; il doit peser 115 grains, le spiral étant de même force que celui de l'Horloge N° 36.

441. L'échappement à vibrations libres, le plus simple, c'est celui à *ressort-détente* & *levée-ressort*, décrit N° 69.

442. La compensation par une lame composée. La lame a 7 lig. de largeur, & 24 lig. de longueur en action.

443. La lame composée porte la vis pour régler l'Horloge; ainsi, elle agira immédiatement sur le bras du pince-spiral, lequel ne portera pas de *boîte*; & pour régler la compensation, on allongera, on accourcira la lame composée par le moyen du pont à machoire qui la porte: on n'a donc pas besoin de rubis pour le point de contact; pour suppléer à ce moyen, qui est très-bon, mais plus composé, il faut que le bras du pince-spiral, sur lequel agit la vis de la lame, soit trempé de toute sa force, de même que la vis.

444. Nous avons supprimé dans cette Horloge le ressort de suspension du balancier, parce qu'il exige trop de travail, & que d'ailleurs il peut être exposé à casser; le balancier étant assez léger, peut tourner sur sa pointe, sans avoir à craindre que cette pointe ne s'émouffe; mais pour rendre le frottement de cette pointe plus constant, & le réduire autant qu'il est possible, il faut que l'axe de balancier soit fait d'excellent acier, & que la pointe ait toute la dureté de la plus forte trempe; cette pointe doit tourner sur la face d'un diamant parfaitement poli. Je me sers d'une petite *rose* à cet usage.

### R E M A R Q U E.

Quoique le plan de l'Horloge que je vais décrire, soit particulièrement destiné à former une Horloge à poids; cependant le même plan peut servir à faire une Horloge à ressort; & dans ce cas, le barillet doit être placé à l'endroit où est la poulie de renvoi 1, planche VI, fig. 3.

## ARTICLE IV.

*Description de la petite Horloge à Longitude horifontale à poids.*

Planche VI, *fig. 2, 3, 4.*

445. Le mouvement de cette Horloge est vu de profil, Planche VI, *fig. 2*; il est fait d'après le plan du rouage, *fig. 3*, & du Régulateur, *fig. 4*, & vu selon la direction, *Wu*, *fig. 3* & *4*.

La platine *AA*, *fig. 2*, est celle des piliers du rouage. Je l'appelle *platine-cadran*, parce qu'elle porte le cadran des minutes, & celui de secondes : les heures paroissent aussi à travers une ouverture de cette platine, (comme on le voit *fig. 3*). La seconde platine *BB*, forme avec celle *AA*, la cage du rouage; le dessous de la seconde platine *BB*, forme avec celle *CC*, la cage du balancier; le dessous de cette troisieme platine porte 3 ponts qui servent de cage aux 3 rouleaux entre lesquels tourne le pivot inférieur du balancier; la quatrieme platine *DD*, est celle du poids *EE*, fixé au-dessous de cette platine.

446. *GG* est la roue de cylindre ou des heures; *H*, est le cylindre sur lequel est attachée la corde à boyau *a*; cette corde passe sur la poulie de renvoi *I*, delà elle descend verticalement de *b* en *c*, pour passer sous les poulies *K* & *L*, fixées sur la platine *DD*, du poids; la corde remonte ensuite de *L* en *M*, où elle est accrochée au crochet *M*, fixé sous la platine-cadran *AA*.

447. Lorsque l'on remonte le poids, l'Horloge ne cesse pas de marcher, parce que la roue de cylindre *GG*, porte un ressort qui est tendu par l'action du poids : ce ressort est placé entre la roue de cylindre, & le rochet *F*, qu'elle porte; un bout du ressort est arrêté par une cheville qui

R. 2



132 DE LA MESURE DU TEMPS.

entre dans un trou fait dans l'épaisseur de la roue  $GG$  ; l'autre bout de ce ressort est également arrêté par une cheville qui passe dans l'épaisseur du rochet  $F$ , lequel ne peut pas rétrograder, étant retenu par un cliquet ; l'encliquetage pour le remontage est placé sur le rochet  $F$ . Nous ne détaillerons pas davantage ce mécanisme qui l'a été suffisamment dans le *Traité des Horloges Marines*, Nos 811 & 812, & représenté Planche XV du même Ouvrage.

448. Le cadran des heures  $OO$ , est rivé sur un canon qui entre à frottement sur le canon de la roue  $GG$  ;  $d$  est le quarré formé sur le pivot prolongé de l'axe de la roue des heures & du cylindre : c'est le quarré qui sert à remonter le poids.

449. La roue des heures  $GG$ , engrene dans le pignon de minute  $e$ , dont le pivot prolongé  $f$ , porte l'aiguille des minutes : sur l'axe du pignon  $e$ , est rivée la roue  $P$  des minutes ; celle-ci engrene dans le pignon  $g$ , qui porte la roue moyenne  $Q$ .

Cette dernière engrene dans le pignon  $h$ , dont le pivot prolongé porte l'aiguille des secondes  $i$ . Sur l'axe de ce pignon est rivée la roue de secondes  $R$  : cette roue engrene dans le pignon  $k$ , sur lequel est rivée la roue d'échappement  $S$ . Le pivot inférieur de la roue d'échappement roule dans un trou de la seconde platine  $BB$  ; le bout de ce pivot porte sur un coqueret d'acier, pour éviter les frottemens de la portée. Le pivot supérieur roule dans le trou fait au pont  $Ttk$  ; la patte  $T$  de ce pont est attachée sur le dessus de la platine  $BB$ , par une vis & deux pieds.

450.  $l$  est le cercle d'échappement sur lequel agit la roue  $S$  : ce cercle est attaché sur une assiette de l'axe  $l, m, n, o, p$ , de balancier. Le bout supérieur  $m$  de cet axe porte un pivot qui roule dans le trou du pont  $Uum$ , dont la patte  $U$  est attachée par une vis, & deux pieds sur le dessus de la platine  $BB$ .

451. Le cercle d'échappement  $l$ , porte le *ressort-levée* ; & le *ressort-détente* est attaché sur la platine  $BB$  : cette partie

de l'échappement n'est pas ici représentée, parce qu'il eût été difficile de la faire sentir dans le profil; mais elle est tracée sur le plan fig. 3, & c'est d'ailleurs le même échappement que j'ai décrit ci-devant N<sup>o</sup> 69, & qui est vu en perspective, Planche IV, fig. 6.

452. L'axe de balancier porte en  $n$  une seconde affiette sur laquelle est attaché le balancier  $XX$ , au moyen de 3 vis, afin de pouvoir le démonter à volonté.

453. Le bout inférieur  $o$  de l'axe de balancier  $l, m, n, o$ , est la partie qui forme le pivot, pour tourner entre les 3 rouleaux, 1, 2, 3. Les pivots supérieurs de ces rouleaux tournent dans les trous faits à la platine  $CC$ , & les pivots inférieurs de ces mêmes rouleaux tournent dans les trous des trois ponts, attachés chacun par une vis, & 2 pieds sur la face inférieure de la platine  $CC$ :  $Y$  est un de ces ponts. Les autres n'ont pu être représentés; mais ils sont vus dans le plan, fig. 4.

454.  $pr$ , est la virole de spiral, elle est ajustée à frottement sur le bout inférieur de l'axe de balancier, & rendue fixe avec cet axe, au moyen d'une vis de pression. Le bout intérieur du spiral  $ss$ , est fixé sur la virole par une barrette d'acier ferrée par deux vis: l'autre bout du spiral est attaché au piton, & ce piton lui-même est porté par un pont qui n'a pu être représenté dans le profil: ce pont & le piton sont vus, fig. 4.

455.  $Z, v, x$ , est le pont du pince-spiral; la patte  $Z$  est attachée par une vis & deux pieds sous la platine  $CC$ ; le bout  $x$  de ce pont, porte en dessus un diamant, dont la surface doit être parfaitement polie & plane; c'est sur ce diamant que roule la pointe  $p$  de l'axe de balancier. Cette pointe doit avoir toute la dureté de la plus forte trempe.

456. Sur la partie  $v, x$ , du pont  $z$ , est attaché un second pont  $aa, bb$ , qui fait la cage du pince-spiral: la patte  $aa$ , de ce pont est fixée sur le pont  $Z$ , par une vis & deux pieds; le bout  $bb$ , reçoit le pivot inférieur  $y$ , de l'axe du

### 134 DE LA MESURE DU TEMPS.

pince-spiral, & le bout supérieur  $z$ , du même axe, porte un pivot qui roule dans le trou fait au bout  $x$  du pont  $Zvx$ : le bout du pivot inférieur de l'axe  $xyz$  du pince-spiral doit porter sur un coqueret d'acier, qui n'est pas représenté, mais qu'il est facile de se figurer. Le pont  $Yq$  du rouleau 2, & les ponts des rouleaux 1 & 3, doivent également porter des coquerets d'acier trempé très-dur, pour recevoir les bouts des pivots des rouleaux; le pivot inférieur de la roue d'échappement  $S$ , & celui de la roue de secondes  $R$ , doivent de même rouler sur des coquerets d'acier: enfin le pivot supérieur de l'axe du balancier doit aussi être retenu par un coqueret d'acier, afin qu'en cas de secouffes violentes, le balancier, en remontant, soit retenu par le bout de son pivot, & non de la portée de ce pivot.

457. La boîte du pince-spiral n'est pas représentée dans le profil, parce qu'étant vue de face, elle auroit caché le bout  $p$  de l'axe de balancier; mais on peut voir le pince-spiral de la petite Horloge, n° 36, Planche III, fig. 1, & dont la disposition est la même. (Voyez-en la description, n° 309). On n'a pas représenté dans le profil ni la lame composée, ni le pont qui la porte, parce qu'elle est vue de face, & qu'elle auroit nui au profil qui eût été moins intelligible; d'ailleurs cette partie étant la même que dans l'Horloge, n° 36, on peut recourir à la Planche III, fig. 1, & à la description du n° 309).

458. Les lignes ponctuées 4, 5, 4, 5, représentent deux des piliers de la cage du rouage: la partie 4 est l'affiette qui sert à fixer ces piliers à la platine  $AA$ .

Les lignes ponctuées, 6, 7, 6; 7, représentent deux des piliers de la cage du Régulateur; les parties 6, 6, sont les affiettes de ces piliers, qui sont rivés sur la platine  $CC$ .

459. 8, 9, est un des ponts qui sert à porter la poulie de renvoi  $I$ , de la corde du poids; la patte 8 est attachée sur le dessus de la platine  $BB$ , par une vis & deux pieds.

460. 10, 11; 10, 11, sont les ponts des poulies du poids, les pattes 10, 10, sont attachées sur le dessus de la platine

*DD*, chacune par une vis & deux pieds, & les parties 11, 11, reçoivent chacune un des pivots des poulies *K, L*; les deux autres pivots de ces poulies roulent dans les trous de deux autres ponts pareils à ceux 10, 11, & qui ne peuvent être vus dans le profil.

461. Le poids *EE*, qui est rond, est de plomb; il est fixé par son centre sous la platine *DD*. Je n'ai pas représenté ici les trois bras servant à fixer la courbe du poids, & à empêcher son balancement dans le tambour; on peut aisément se les figurer. J'en ai seulement indiqué la position par les entailles faites en *I, K, L*, à la platine *BB*, fig. 4.

462. Je dois observer ici que la figure 2 représente la hauteur totale de l'Horloge, le poids étant supposé être descendu jusques au fond du tambour.

463. La platine-cadran *AA*, doit être attachée par 4 vis, sur le rebord pratiqué à cet effet à la batte, & cette batte elle-même doit être attachée par 4 vis au tambour. La batte porte une lunette comme nos pendules à cartels; & cette lunette porte une glace, laquelle est percée d'un trou pour le passage de la clef, lorsqu'on veut remonter l'Horloge; ce trou doit être ensuite recouvert par un bouchon, pour empêcher le passage de la poussière; & l'on est par-là dispensé d'ouvrir la lunette à chaque fois qu'on remonte l'Horloge, ce qui introduiroit nécessairement plus de poussière.

### *Plan de l'Horloge.*

464. J'ai disposé dans ce plan, de la manière que je le fais toujours, tout ce qui appartient au mouvement de l'Horloge, roues, pignons, piliers, ponts, rouleaux, place des vis, &c, & je perce les trous de toutes les pièces, ainsi que les trous des tenons, qui doivent être faits aux platines, pour percer sur l'une & sur l'autre platine la place des pièces qui leur appartiennent. Par ce moyen, un plan bien distribué facilite beaucoup l'exécution de la machine. Pour faire ce

## 136 DE LA MESURE DU TEMPS.

plan, je prens une plaque de cuivre mince, de la grandeur de la platine des piliers : c'est sur cette plaque que le plan est tracé, & les trous percés, & que l'on peut, par son moyen, transporter sur l'une ou l'autre platine la véritable position d'une roue ou d'autres pièces (a) sur une des faces du plan ou calibre. Je trace tout ce qui appartient au rouage d'échappement, &c; & sur l'autre face, je trace tout ce qui appartient au Régulateur, & à la compensation, &c.

### Planche VI, fig. 3.

465. *AA*, fig. 3, représente le plan du rouage, ou le dehors de la platine-cadran; sur cette platine sont rivés les piliers, 1, 2, 3, 4; *cO*, *dO*, est l'ouverture faite à la platine-cadran, pour voir les heures qui sont gravées sur le cadran des heures, porté par la roue de cylindre; *s* est l'index porté par la platine, pour indiquer l'heure; *B* est le cadran de minute attaché sur la platine *AA*, & *CC*, une portion du cadran de secondes, porté par la même platine.

466. *GG*, est la roue de cylindre ou des heures; cette roue a 192 dents, & 24 lig. de diamètre, & demi-lig. d'épaisseur. *F* est le rochet du ressort auxiliaire, qui sert à faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte : le ressort auxiliaire est placé entre le rochet *F*, & la roue *G*; *HH* est le cylindre : la lig. *ab*, représente la direction de la corde du poids, qui passe sur la poulie de renvoi, 1, 8, 9; 8, 9, sont les ponts sur lesquels les pivots de la poulie tournent; *xy*, est le cliquet du rochet auxiliaire *FF*.

467. La roue de cylindre *GG*, engrene dans le pignon de minute *e* : le cercle *PP*, représente la roue de minute; cette roue a 128 dents & 16 lig. de diamètre; le pignon *e* a 16 dents & 2 lig. de diamètre.

468. La roue de minute *P* engrene dans le pignon *g*, lequel a 16 dents & 2 lig. de diamètre; ce pignon porte la roue moyenne *QQ* : cette roue a 120 dents & 15 lig.

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 1155 & suiv.

de

de diamètre, elle engrène dans le pignon *h* qui est celui de secondes, il a 16 dents & 2 lig. de diamètre.

469. *RR* est la roue de secondes, de 96 dents & 10 lig. de diamètre; cette roue engrène dans le pignon *k* de la roue d'échappement; ce pignon a 16 dents & 1 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre.

470. La roue d'échappement *SS* a 10 dents & 6 lig. de diamètre: *U, t, k* est le pont de cette roue, lequel doit être attaché sur le dessus de la seconde platine.

471. *m, n, o* est le ressort-détente d'échappement: *p, q, r* le ressort-levée, & *l, r, o* le cercle d'échappement; *T, u, l* est le pont du pivot supérieur de l'axe de balancier.

472. Le petit cercle *M* indique la vraie position du crochet qui supporte la corde du poids, pour que les parties *bc, LM* de la corde soient parallèles entr'elles, & que le poids soit au centre de la cage, afin qu'il descende librement sans frotter au tambour: le point opposé *b* est celui par où descend la corde.

473. *5, 6, 7*, représentent la place des piliers de la cage du balancier.

474. *BB*, fig. 4, représente le dehors de la seconde platine du rouage; *1, 2, 3, 4* sont les pivots des piliers de la cage du rouage: *CC* est la platine sur laquelle sont rivés les trois piliers *5, 6, 7*, pour former avec la platine *BB* la cage du balancier.

475. *XX* est le balancier: *1, R; 2, R & 3, R*, sont les rouleaux entre lesquels tourne le pivot d'en bas de l'axe de balancier; ces rouleaux sont mis en cage par la platine *CC*, & par les ponts *E, 1, R; Y, 2, R & D, 3, R*, attachés à cette platine.

476. *Hd*, est le pont de la lame de compensation; il porte en *d* une plaque qui sert de mâchoire pour y fixer la lame *d* au moyen de deux vis; le bout *l* de la lame de compensation *dl* porte une vis *e*, dont le bout agit sur le bras *f* du pince-spiral *gf*.

477. La vis *e* sert à former la compensation par l'action de la lame, selon qu'on la fait agir plus près ou plus

138 DE LA MESURE DU TEMPS.

loin du centre *i* du pince-spiral, & on obtient cet effet en desserrant la machoire *k* du pont *H*, & en rendant la lame un peu plus longue ou plus courte : la même vis *e* sert aussi à régler l'Horloge au plus-près.

478. *Z, v, bb*, est le premier pont du pince-spiral, dont la patte *Z* est attachée sur la platine *CC*; *aa, bb* est le second pont : ces deux ponts forment la cage dans laquelle roulent les pivots de l'axe du pince-spiral : *hi* est le ressort qui presse le pince-spiral, afin que le bras *f* appuie continuellement sur le bout de la vis *e*, portée par la lame de compensation *d l*.

479. *FG* est un pont attaché à la platine *CC*, il porte en *G* le piton *G* du spiral.

480. Les cercles *b* & *M* indiquent les trous faits à la platine *CC* pour le passage de la corde du poids.

*I, K, L* marquent les entailles faites à la platine, *B, B* pour le passage des bras d'arrêts portés par la platine du poids.

*De la suspension de l'Horloge, N° 38, à poids.*

481. J'ai donné dans le Chapitre XI, n° 335 & suivants, la description de la suspension destinée à la petite Horloge à ressort n° 37. Cette suspension qui est fort simple, peut être également employée dans l'Horloge à poids que je viens de décrire : je me bornerai donc à donner ici les dimensions de la suspension & de la caisse pour l'Horloge à poids.

482. Le cercle de suspension *II*, planche VI, fig. 5, doit avoir 6 pouces de diamètre en dehors & 5 pouces  $\frac{1}{2}$  en dedans : par conséquent son épaisseur sera de 3 lignes, sa hauteur doit être de 7 lig.

483. Le centre de suspension du tambour doit être placé à la hauteur marquée *SS*, planche VI, fig. 2 ; c'est d'après cette élévation du centre de mouvement de suspension que

j'ai déterminé les dimensions de la caisse qui contient la suspension de l'Horloge à poids, & en supposant la masse de plomb mise au-dessous du tambour de 10 lig. de hauteur.

484. La hauteur doit être en dedans de 10 pouces  $\frac{3}{4}$ . Sa largeur doit être, en quarré, de 10 pouces  $\frac{1}{2}$  en dedans.

## CHAPITRE XVII.

*Horloge à Longitude, verticale, à poids.*

*Construction la plus simple à donner à une Horloge à Longitude.*

485. **M**ON but, en composant cette nouvelle Horloge, a été de la rendre la plus simple possible, & de manière à être exécutée facilement par un Horloger ordinaire dans un port, afin de la faire servir dans la marine marchande.

486. Pour remplir ce double objet, je fais cette Horloge à poids & verticale; le rouage ne sera composé en tout que de quatre roues, y compris celle d'échappement & de trois pignons; la roue de secondes sert en même-temps à l'échappement, elle a 30 dents.

Les vibrations du balancier sont d'une seconde & l'aiguille fait un battement en deux secondes, l'échappement est celui à vibrations libres à *ressort-détente*, &c.

487. Le mouvement est composé de trois platines de 42 lig. de diamètre; les deux premières forment la cage du rouage; la deuxième & troisième platine celles du balancier placé au centre des cages: un des pivots du balancier tournera dans le trou d'un coqueret placé au dehors de la platine des piliers, il sera fort éloigné du balancier, & ne supportera par conséquent qu'une très-petite partie du poids du balancier; l'autre pivot sera au contraire fort près du balan-

S 2



## 140 DE LA MESURE DU TEMPS.

cier : celui-ci roulera sur deux rouleaux placés en dehors de la platine de la cage du balancier : les pointes des pivots de balancier seront maintenues par des coquerets d'acier trempés fort dur. Ces deux rouleaux auront chacun un pont.

488. Le spiral est de mêmes forces & dimension que celui de la petite Horloge n° 36. Le balancier a 36 lig. de diamètre & pèse 320 grains ; les deux rouleaux ont 18 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, leurs pivots,  $\frac{6}{8}$ .

489. La cheville ou index porté par le balancier pour marquer les degrés décrits, est placée de sorte qu'elle marque l'intervalle entre les deux battemens de l'aiguille de secondes, & par ce moyen on peut compter les secondes comme si l'aiguille les battoit une à une : c'est au retour du balancier que l'index paroît, & non au moment où se fait l'échappement.

490. La compensation du chaud & du froid est produite par une lame composée.

491. On peut employer au besoin le compensateur isochrone pour faciliter l'isochronisme, si on ne l'obtient pas par le spiral.

### *Du Rouage.*

492. La roue de cylindre fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures : cette roue a 192 dents & 19 lig.  $\frac{3}{4}$  de diamètre ; elle engrène dans le pignon de la roue de minutes, lequel a 16 dents & 1 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre.

493. La roue de minute a 128 dents, son diamètre 13 lig.  $\frac{2}{12}$ , elle engrène dans le pignon de la roue moyenne qui a 16 dents & 1 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre.

494. La roue moyenne a 120 dents, son diamètre 12 lig.  $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$ , elle engrène dans le pignon de secondes, qui a 16 dents & 1 lig.  $\frac{8}{12}$  de diamètre.

PREMIERE PARTIE, CHAP. XVII. 141

495. La roue de secondes ou d'échappement a 30 dents & 13 lig. de diamètre, le cercle d'échappement 3 lig.  $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre.

496. Rochet auxiliaire 96 dents & 17 lig. de diamètre. Rochet d'encliquetage 60 dents & 13 lig. de diamètre.

497. Pivot de la roue des heures, 1 lig.  $\frac{4}{12}$ .

De minutes,  $\frac{1\frac{2}{8}}{48}$ .

Moyenne,  $\frac{2}{48}$ .

De secondes échappement,  $\frac{6}{48}$ .

Des rouleaux,  $\frac{6}{48}$ .

Pivot de balancier qui tourne dans les trous,  $\frac{f}{48}$ .

Celui qui tourne sur les rouleaux,  $\frac{2\frac{6}{8}}{48}$ .

*Epaisseur des roues.*

Roue des heures, 6 lig.  $\frac{2\frac{4}{8}}{48}$ .

Rochet auxiliaire,  $\frac{2\frac{0}{8}}{48}$ .

Rochet d'encliquetage,  $\frac{2\frac{4}{8}}{48}$ .

De minutes,  $\frac{1\frac{0}{8}}{48}$ .

Moyenne,  $\frac{1\frac{4}{8}}{48}$ .

Seconde échappement,  $\frac{1\frac{2}{8}}{48}$ .

Rouleaux,  $\frac{1\frac{2}{8}}{48}$ .

Reffort auxiliaire,  $\frac{2\frac{4}{8}}{48}$  diamètre, 10 lig.

*Description de l'Horloge verticale à poids.*

PLANCHE V.

498. La fig. 1, représente l'Horloge placée dans sa boîte avec sa suspension; *A A* est un tambour en cuivre dans lequel le mouvement de l'Horloge est placé; *B B*, la suspension attachée à ce tambour pour conserver à l'Horloge la position verticale malgré les agitations du vaisseau: *C C* est la platine-cadran; *a* l'ouverture faite à cette platine pour

142 DE LA MESURE DU TEMPS.

voir les heures gravées sur le cadran de la première roue du mouvement ; *b* le cadran de minutes , & *c* celui de secondes.

499. Sur la partie inférieure du tambour *AA* est attaché la boîte *D, D, E, E*, servant de tuyau de descente au poids moteur de l'Horloge ; *F* est le poids, lequel est de forme quarrée comme le tuyau, dans lequel il ne peut que descendre librement sans pouvoir tourner sur lui-même ni balotter ; *G* est la chappe portant la poulie, sur laquelle la corde à boyau s'enveloppe pour porter le poids en le *moufflant*.

500. *CC*, fig. 2, représente le dehors de la platine des piliers du rouage ou *platine-cadran*, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement : 1, 2, 3, 4 sont les piliers de cette première cage ; 5, 6, 7 la place des piliers de la cage du balancier ; *A* est la roue de cylindre ou des heures, *a* une portion du cadran des heures que porte cette roue ; *F* est le cylindre sur lequel la corde du poids s'enveloppe : cette roue des heures porte un rochet, & le ressort auxiliaire pour faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte : ce mécanisme a été suffisamment détaillé dans le *Traité des Horloges Marines* ; ce qui m'a dispensé de le représenter de nouveau dans ce Supplément.

501. *B* est la roue de minutes & *d* son pignon, dont le pivot prolongé porte l'aiguille : *D* la roue moyenne, *e* son pignon.

502. *E* est la roue d'échappement & de secondes, *f* son pignon, dont le pivot prolongé porte l'aiguille de secondes : *g* est le cercle d'échappement porté par l'axe du balancier placé au centre des cages : *h, i, l*, le *ressort-levée* d'échappement porté par le cercle *g* ; *m, n, l*, le *ressort-détente* d'échappement.

503. *b* est une portion du cadran de minutes attaché à la platine *CC*, & *c* une portion du cadran de secondes porté par la même platine.

504. *D, D* fig. 3, représente le dehors de la troisième platine ; elle porte trois piliers, 5, 6, 7, qui, avec la deuxième

platine du rouage, forment la cage du balancier ; 1, 2, 3, 4 représentent la place des quatre piliers du rouage.

505. *AA* est le balancier : *B, C*, les deux rouleaux qui supportent le pivot du balancier : l'autre pivot du balancier roule dans un trou de la platine-cadran ; par ce moyen, ce dernier pivot ne supporte qu'une très-petite partie de la pesanteur du balancier, comme on l'a vu dans l'Horloge n° 36 ( voy. planche III fig. 1 ) & ici c'est la même disposition ; *E, F* sont les ponts des rouleaux *B* & *C*.

506. *Gg* est la lame composée pour produire la correction du chaud & du froid : le bout *G* de cette lame est attaché & rendu fixe en *G*, sur le pont *N*, au moyen de la mâchoire & de deux vis de pression : le bout *g* de la lame porte la vis *i* dont le bout agit sur le bras *h* du pince-spiral *i, h*, mis en cage sur le pont *Hg*.

507. *K* est le piton du spiral ; ce piton est porté par le pont *IK* ; la patte *I* de ce pont est attachée à la platine *DD* par une vis & deux pieds ; & le bout *K* est élevé à la hauteur nécessaire pour passer au-dessus du rouleau *C*.

508. *hm* est un ressort attaché en *K* par une vis & pressé en *m* par la vis du piton : ce ressort tient lieu de virole pour cette vis *m* ; l'objet de ce ressort est de servir à fixer le piton sans le faire tourner au moyen de ce ressort-virole *km*, qui ne peut qu'appuyer sans brider le spiral.

509. *L* est le rouleau du compensateur ; *kr* sa chappe, *on* le ressort & *Mo* le pont à mâchoire qui fixe le bout extérieur *o* du ressort compensateur : *q* l'index du pont *M*, qui marque sur la platine *DD* la quantité de bande que l'on donne ou qu'on ôte au ressort-compensateur. Le pont *M, o, q* est attaché à la platine *DD* ; la mâchoire est élevée au-dessus de cette platine de la quantité requise pour faire agir le rouleau *L* du compensateur sur l'excentrique porté par l'axe du balancier au-dehors de la virole de spiral & au-dessous de la partie *P* du pont *H, P, g* du pince-spiral.

## CHAPITRE XVIII.

*Description d'instruments, & outils servant aux Horloges & aux Montres à Longitude.*

## PLANCHE VI.

## ARTICLE I.

*Instrument à graduer les cadrans, limbes, &c.*

§ 10. UN usage essentiel que j'ai ajouté à la machine à fendre, c'est celui de diviser & de graduer en même-temps les cadrans, limbes, &c: des Horloges à Longitude, en donnant à ces divisions une grande justesse, beaucoup de propreté & de promptitude dans l'exécution.

§ 11. Pour obtenir d'une façon simple cette propriété de la machine à fendre, j'ai fait un burin figuré convenablement pour former des graduations; ce burin se fixe sur l'arbre ou porte-fraîse, de manière à ne pouvoir tourner: l'*H* ou porte-fraîse, au lieu d'être mobile sur le *coulant* de la platte-forme, est mobile sur une seconde *H*, qui elle-même est mobile sur le *coulant*.

Le mouvement composé de ces deux *H* en produit une au burin qui se fait en ligne droite dirigée au centre de la platte forme; ce mouvement forme donc des rayons gradués à la pièce que l'on veut diviser: maintenant pour borner le mouvement du burin ou *tracélet* selon la longueur des divisions ou degrés que l'on veut faire, j'ai placé sur le dehors de la vis du porte-fraîse un bras fait en acier, qui porte deux boîtes ou mâchoires qui vont répondre à la vis fixe de la seconde *H* mobile autour du *coulant*: ces deux mâchoires sont mobiles à volonté sur le bras qui les porte  
&

PREMIERE PARTIE, CHAP. XVIII. 145

& on les fixe par des vis de pression sur leurs bras communs, selon que les divisions sont plus ou moins longues : & par ce moyen on divise & on gradue en même-temps les divisions quelconques, sans risque de passer les cercles de division qui les limitent, & que l'on fait avec le compas.

§ 12. Les cadrans ou *limbes* que l'on veut graduer s'attachent & se fixent sur des tasseaux de la machine à fendre, comme on le fait pour les roues que l'on veut fendre ; & la platte-forme sert de diviseur au moyen des divers nombres qu'elle porte, & de l'alidade qui la fixe sur ses points de division.

§ 13. La fig. 1, (a) Planche VII, représente la disposition de la machine à fendre, pour diviser & graduer les cadrans d'après l'idée que nous venons d'en donner ; *R* est le cadran que l'on veut graduer ; il est attaché & fixé sur un tasseau de la machine ; *O O F* l'arbre de la platte-forme, sur lequel le tasseau lui-même est rendu fixe à l'ordinaire ; *P P* une portion de la platte-forme ou diviseur, & *S o* l'alidade ; *C, E, F, A* une portion du châssis de la machine à fendre, dont la partie *E L* porte le *coulant*, & le support *Æ Y* ; c'est sur le support *Æ Y* que le double *H H* est mobile ; l'*H* ou porte-fraise est lui-même mobile sur la partie *h g* du double *H H*, au moyen des pointes des vis 3, 4 de l'*H* ou porte-fraise, pour produire le mouvement composé qui sert à faire décrire au burin, ou *tracelet T*, la ligne droite qui fait la graduation.

§ 14. Le bras *B B* qui porte les boîtes-mâchoires, *G, K*, est fixé à l'*H* au moyen de l'écrou de la vis 1, & en 2 porte une fourchette qui embrasse l'épaisseur de l'*H* pour empêcher ce bras & les boîtes à mâchoires de tourner séparément de l'*H* : chaque boîte à mâchoires *G & K* se fixe sur le bras qui les porte par une vis : ce sont ces boîtes qui, comme nous l'avons dit, déterminent la

(a) La portion de machine à fendre ici représentée, fait partie de la machine à fendre, dont j'ai donné la Description. | *Essai sur l'Horlogerie*, N° 428, & vuc  
| Planche XVI de l'Essai.

T

## 146 DE LA MESURE DU TEMPS.

course plus ou moins étendue du burin ou *tracelet* *T* sur le plan du cadran.

§ 15. *X* est une fourchette portant en *zz* un trou pour entrer sur l'arbre à fraise ; l'écrou *p* de cet arbre fixe en même-tems cette fourchette & le *tracelet* *T* ; la partie *X* de la fourchette embrasse l'épaisseur de l'*H*, ce qui fixe & empêche de tourner & l'arbre même, & le *tracelet* qu'il porte.

Le *tracelet* porte deux burins de différente épaisseur, selon la force que l'on veut donner aux graduations ; il porte dans son milieu, au lieu d'un trou, une ouverture allongée pour le placer sur l'arbre à fraise, afin de pouvoir démonter ce *tracelet* de dessus le porte-fraise sans démonter celui-ci, mais tout simplement en desserrant l'écrou de ce porte-fraise : & cela est nécessaire lorsque l'on veut réparer la pointe du burin ou émoussée ou cassée.

§ 16. Pour graduer une pièce quelconque, il faut toujours commencer par les plus grandes divisions : ainsi en supposant que le cadran *R* soit celui des minutes, il faut graduer les divisions de 60', de 5', de 10' &c. Mais il faut faire en même-tems passer le burin dans le cercle de division des minutes : le trait est plus net, & l'opération plus courte que si l'on faisoit d'abord les petites divisions des minutes, & ensuite celle des chiffres, 60', 5'', 10' ; & lorsque le cadran est ainsi divisé en 12 parties, il faut raccourcir sur le *coulant* à mâchoires la course du *tracelet*, afin qu'il ne parcourre que le chemin requis pour les divisions des minutes.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails sur la disposition de l'outil à graduer les cadrans : la courte description que je viens d'en donner, & l'inspection de la figure, sont je crois suffisant.

## ARTICLE II.

## PLANCHE VI.

*Instrument servant à éprouver l'Horloge à Longitude, pour l'Ischronisme, & par la position horizontale & inclinée.*

§ 17. L'instrument représenté Planche VII, fig. 2, a deux usages ; le premier de servir aux épreuves de l'isochronisme, soit pour une petite Horloge à Longitude, soit pour une Montre, en faisant décrire différents arcs au balancier. Pour cet effet, l'Horloge étant horizontale, on adapte sur le quarré de fusée un canon dont le trou est quarré ; ce canon porte le cylindre *A*, sur lequel s'enveloppe une corde à boyau qui passe sur la poulie de renvoi *B* ; au bout de cette corde est attaché un poids *P*, qui sert à augmenter ou à diminuer l'action du ressort-moteur selon le sens où la corde est enveloppée sur le cylindre ; dans l'un, son poids ajoute à la force-motrice, & dans l'autre, ce poids *P* sert de contre-poids. La chappe de la poulie *B*, a sur son pied *D*, un mouvement qui sert à changer la direction de la corde selon le sens où on veut l'employer, c'est-à-dire, selon que l'on veut augmenter ou diminuer l'étendue des arcs décrits par le balancier. Le second usage de cet instrument est pour éprouver l'Horloge ou la Montre par diverses positions horizontale, verticale ou inclinée : pour cet effet, la platine *FF* qui porte la main *RR*, sur laquelle on place une petite Horloge ou une Montre *GG*, a un centre de mouvement en *H*, & au lieu de la position horizontale, elle peut devenir verticale ou inclinée, & le nombre de degrés d'inclinaisons est marqué par l'index *I*, sur le quart de cercle *KK* divisé en 90 degrés.

La branche *LM*, qui supporte cet instrument, est fixée en

T 2



## 148 DE LA MESURE DU TEMPS.

*M* sur un pied solide *N*, rempli de plomb ; cette branche doit être quarrée & solide.

§ 18. La fig. 3 représente l'équipage de la poulie qui sert aux épreuves des grandes Horloges ; il s'attache sur le tambour : *A* est la poulie de renvoi ; *B*, *C*, *D* sa chappe ; la patte *D* s'attache sur l'équerre *E* ; la patte *F* de l'équerre est attachée sur la pièce *F G*, afin de pouvoir faire tourner horizontalement la poulie & l'incliner de droite ou de gauche, selon que l'on veut ajouter au moteur ou en ôter. La partie *H* de la pièce *F G* s'applique contre le tambour de l'Horloge, & s'y attache par une vis.

---

### ARTICLE III.

#### PLANCHE VI.

*Compas à Mychromètre, pour la mesure de l'épaisseur des lames des ressorts-spiraux réglant.*

§ 19. On a vu dans le *Traité des Horloges Marines*, qu'une condition indispensable pour obtenir l'isochronisme des vibrations du balancier par le spiral, est que la lame de ce ressort soit faite en fouet, le plus fort au centre, & dans une progression que j'ai déterminée par l'expérience, (voy. première Partie du présent Ouvrage, n° 25, 29 &c.). Or, pour donner les dimensions convenables aux lames de ces ressorts, il est nécessaire de pouvoir les mesurer avec une extrême précision. C'est à cet usage que le compas, représenté fig. 4, est destiné : & il falloit de plus disposer un outil pour calibrer la lame de ce ressort selon la progression donnée & mesurée par le compas. Cet outil à calibrer est représenté fig. 5.

*Description & dimensions du Compas à Mychromètre.*

Planche VI, fig. 4.

§ 20. Ce compas est formé par la portion de cercle *A B*, dont le centre est en *A*. La portion de cercle *B* est graduée en demi-degré du cercle sur la machine à fendre selon la méthode indiquée (n° 513 & suiv.); au centre *A* est mobile sur deux pivots l'index *A d*: *C* est le pont de cet index. Le limbe *AB* porte le levier *D, E, F*, mobile en *D* sur deux pivots, dont l'un roule dans un trou fait en *D* sur le limbe, & l'autre, dans le pont *G*, attaché par une vis sur le limbe. Le limbe *AB* porte en *E* un petit pont d'acier fixé par une vis & deux pieds; le bec *a* de ce pont forme avec le bras *DE* du levier, la pointe du compas; c'est une espèce de mâchoire dans laquelle on introduit la lame du ressort que l'on veut mesurer: le grand bras *F* du même levier porte en *b* une boîte ayant une vis, dont le bout agit sur le talon *c* de l'index *A d*, & fait décrire à la pointe *d*, un angle dont le nombre de degré est la mesure de l'épaisseur du ressort.

L'index *A d* est pressé vers son centre par un ressort *f*, afin que le bout du levier appuie sur le talon *a* qui l'arrête & qu'en cet état l'index réponde au 0 degré de la division du limbe. Le talon *a* est fixe; il est d'acier & attaché au limbe *B* par une vis & deux pieds; la vis portée par la boîte *b* sert à ramener l'index à 0; cette boîte *b* est fixée par une vis sur le bout *F* du levier, mais on peut la faire approcher ou écarter du centre *A*, pour augmenter ou diminuer son effet sur l'index, c'est-à-dire, pour rendre le compas plus sensible: je lui ai donné cette disposition, afin que chaque division du limbe répondît à la deux-centième partie d'une ligne, & c'est à quoi je suis parvenu en approchant convenablement la boîte *b* du centre *A* de l'index.

§ 21. Dimensions du compas à mychromètre.

Index, 38 lig  $\frac{1}{2}$ .

## 150 DE LA MESURE DU TEMPS.

Distance des centres de l'index & du levier, 29 lig.

Petit bras du levier, 3 lig.  $\frac{7}{12}$ .

Point de contact du grand levier sur l'index distant de 4 lig. du centre de l'index.

---

### A R T I C L E I V.

*Machine à calibrer les lames des ressorts spiraux réglants.*

§ 22. La fig. 5 représente en action la machine dont je me sers, pour calibrer les lames des ressorts-spiraux ; elle est composée d'un dossier comme celui d'une scie lequel sert à tendre la lame, & la rend fixe, & d'une mâchoire pressée par un poids pour user la lame & l'égaliser. *A, B, C, D, M* est le dossier qui porte en *A* & en *B* des pinces pour fixer chaque bout de la lame : le support *B* du dossier se fixe au point que l'on veut de la barre *DM*, selon que la lame est plus ou moins longue ; *E* est une vis qui sert à tendre la lame *ab* du ressort ; la pince *A* peut également se tendre par une vis du manche *F* : le dedans & le dehors de la barre du dossier sont gradués en pouces, afin d'estimer la diminution progressive de la lame en l'usant. La mâchoire pour user le ressort, est formée de deux principales pièces, l'une inférieure *IG*, qui s'attache à l'étau par un talon qu'elle porte en dessous : l'autre supérieure *HQ* porte en *L* & en *K* deux vis, dont les pointes entrent dans des points faits à la pièce ou support *GI* : ce qui forme le centre de mouvement de la mâchoire : chaque patte *G* & *H* porte des coussinets d'étaux mis en queue d'aronde pour pouvoir en changer : ce sont ces coussinets entre lesquels passe la lame pour être usée & égalisée au moyen d'émeril fin ou de rouge.

*P* est le poids qui presse la mâchoire, & *Q* une vis pour soulever la mâchoire supérieure, lorsqu'on veut dégager la

PREMIERE PARTIE, CHAP. XVIII. 151  
lame pour retourner le dossier, & changer la lame de côté.  
Ceci n'a pas besoin du plus grand détail; l'inspection de la  
machine eût dû suffire.

---

A R T I C L E V.

P L A N C H E V I I

*Spiral prêt à tremper.*

§ 23 La figure 6 représente un spiral fixé par 4 brides & 4 chassis, pour maintenir la figure du spiral, pendant qu'on le trempe: voy. Chap. III, la manière dont on fait les entailles des brides. *SS* est le spiral *AB*, *AB*, &c. les brides; *CD*, *CD*, &c. les chassis qui fixent les brides, & tiennent le spiral.

*AB*, fig. 7, représente le couteau d'étain, ou matrice, & *CD* un chassis.

§ 24. La fig. 8 représente un dossier de petite scie, pour faire les entailles aux brides des ressorts que l'on veut tremper; ce dossier sert à régler également l'enfoncement de chaque entaille des brides.

§ 25. La figure 9 représente un outil fort utile & très-bien imaginé, pour faire des creusures aux platines. Il est composé d'une patte *AA*, qui s'attache sur la platine; cette patte qui est d'acier, porte verticalement le canon *BB*, dont le trou est cylindrique. Dans ce trou entre juste & librement *C*, une broche d'acier aussi cylindrique, dont le bout *D* est angulaire, pour former la creusure que l'on fait plus ou moins profonde, selon que l'on fait monter ou descendre la pièce *F*, mise à vis sur le dehors supérieur du cylindre. La broche *C*, porte un petit canon *D*, qui se fixe par une vis sur cette broche; c'est ce canon d'acier, qui sert à faire plus ou moins descendre le bout angulaire *D*, selon le besoin, pour former la creusure. La vis *E* fait le reste par son mouvement de rappel.

Je fais servir le même outil pour percer & agrandir parfaitement droits les trous des pivots de mes Horloges, &c.

---

 CHAPITRE XIX.

*Diverses épreuves relatives à l'Isochronisme du spiral, & au mécanisme de compensation.*

§ 26. CE n'est qu'après avoir entièrement terminé l'Horloge, qu'elle est polie, que l'échappement est fait, de même que le mécanisme de compensation, enfin, que toutes les pièces sont mises libres, que l'on peut travailler à la recherche d'un spiral isochrone. Je suppose donc l'Horloge conduite à ce point, & je vais donner par ordre quelques règles préparatoires à suivre, avant de faire les épreuves servant à trouver l'isochronisme par le spiral.

*Première épreuve, pour déterminer précisément le jeu convenable à l'axe de balancier entre les rouleaux.*

§ 27. Il est fort important, pour la justesse de l'Horloge, que l'axe de balancier soit *immuable* entre les rouleaux, & qu'il soit cependant libre : car s'il a trop de jeu, cela trouble l'isochronisme ; & les arcs de vibration ont aussi moins d'étendue. Il faut donc donner le moins de jeu qu'il est possible aux pivots des rouleaux : les pivots & les rouleaux doivent être tournés parfaitement ronds, & il faut enfin que l'axe n'ait de jeu entre les rouleaux que celui qui est indispensable.

§ 28. Pour déterminer ce jeu avec la plus grande précision, je fais marcher l'Horloge dans sa position naturelle, qui est l'horizontale ; le mouvement étant dehors de son tambour, je rapproche peu à peu les rouleaux mobiles par leurs ponts, de sorte que, dans ses vibrations, le balancier étant porté

porté d'un côté par le spiral, les rouleaux opposés sont cependant aussi entraînés par le mouvement de l'axe ; mais le balancier revenant sur lui-même, ces mêmes rouleaux continuent de tourner du même côté pendant un instant, ce qui prouve qu'ils ne gênent pas l'axe ; car si tous les rouleaux alloient & revenoient comme l'axe de balancier, celui-ci se trouveroit gêné.

§ 29. Cette méthode m'a parfaitement réussi ; l'axe est libre, & il n'a cependant pas de jeu ; & j'ai observé que les oscillations sont plus isochrones, & que l'étendue des arcs sont au moins de 20 degrés plus grandes qu'elles n'étoient, lorsque ce jeu étoit donné par la méthode indiquée *Longitudes par la Mesure du Temps*, pag. 81 : par celle-ci ; je plaçois l'Horloge verticalement ; le balancier pesoit sur 4 rouleaux, & les deux qui se trouvoient en haut, devoient tourner sans toucher à l'axe : mais pour peu que les pivots des rouleaux eussent trop de jeu dans leurs trous, l'axe de balancier avoit trop de jeu entre les rouleaux, lorsque l'Horloge étoit replacée horizontalement.

*Seconde épreuve, servant à connoître si toutes les parties du mécanisme de compensation, ont le degré de perfection requis.*

§ 30. Pour obtenir une justesse constante dans la marche de l'Horloge, il est de nécessité absolue que le mécanisme de compensation soit *immuable* dans ses effets ; c'est-à-dire, qu'après que l'Horloge a changé de température, la compensation soit la même par le même degré du thermomètre : & il faut également qu'après que l'Horloge a reçu quelques secousses ou agitations, le pince-spiral revienne rigoureusement au même point ; car faute de ce degré de précision, l'Horloge variera : c'est pour estimer ces divers effets du mécanisme de compensation, que, dans mes Horloges & dans

V.

mes Montres à Longitude, je fixe sur le quarré du pince-spiral, un long index qui répond à un limbe gradué en très-petites divisions, par lesquelles je connois, en appuyant ou en soulevant sur cet index, s'il revient à la même division; mais j'ai éprouvé que cet index n'indique pas encore avec assez de précision la position du pince-spiral (a). J'ai donc suppléé à cette méthode par une autre beaucoup plus sûre; c'est par la marche même de l'Horloge. Pour cet effet, je place le mouvement dehors du tambour, & j'observe quelle est la marche de l'Horloge. Je porte cette marche sur mon Journal; ensuite j'appuie légèrement sur l'index, en le pressant contre le mécanisme de compensation: j'observe de nouveau la marche de l'Horloge, je porte cette marche sur le Journal. Je souleve enfin légèrement (b) le pince-spiral, en l'écartant du mécanisme de compensation, & j'observe la marche de l'Horloge: si dans ces trois épreuves la marche a changé, j'ai une preuve sûre que la force du ressort du pince-spiral n'est pas proportionnelle à la puissance du mécanisme de compensation. Je cherche donc, en diminuant ou en augmentant la tension du ressort, & en répétant les mêmes épreuves, le degré convenable de cette force, c'est-à-dire, le point par lequel les effets du mécanisme sont parfaitement sûrs, & par lequel le pince-spiral reprend toujours sa même position, malgré les secouffes ou agitations.

§ 3 I. Quant aux effets du mécanisme même, il faut, pour le juger d'une manière également rigoureuse, placer l'Horloge dans un étuve, mais d'abord sans feu: la faire marcher pendant quelque temps par la température moyenne, noter sa marche & le degré du thermometre que je suppose de 10 degrés; ensuite

(a) Pour juger de l'extrême précision que le mécanisme de compensation exige dans ses effets, nous allons en faire le calcul. Dans ma petite Horloge n° 36, lorsque j'ai suspendu l'effet de la compensation, l'Horloge étant réglée par 24 deg. du thermometre, elle a avancé de 20'' par heure par le froid de la glace = 480'' en 24 heures; & pour corriger cette quantité, le pince-spiral ne parcourt que  $\frac{1}{3}$  de ligne; donc la 480<sup>e</sup> par-

tie d'un tiers de ligne répond à une seconde en 24 heures, donc la  $\frac{1}{7440}$  partie d'une ligne, dans le mouvement du pince-spiral, répond à une seconde de tems en 24 heures.

(a) On peut faire les mêmes épreuves en frappant légèrement le mouvement de l'Horloge, ou en lui donnant de légères agitations: si le mécanisme n'est pas *immuable*, la marche de l'Horloge en sera affectée.

PREMIERE PARTIE, CHAP. XIX. 155

faut chauffer l'étuve & l'Horloge, jusqu'à ce que le thermomètre soit monté à 24 degrés, noter la marche de l'Horloge, éteindre les lampes, & laisser marcher l'Horloge par 10 degrés. Si la marche, par ce dernier degré, est la même qui avoit été reconnue d'abord au même degré, c'est une preuve que les effets du mécanisme sont sûrs ; mais si elle diffère, cela annonce un vice, soit dans le chassis, soit dans la lame composée.

Nous observerons ici qu'avant de faire cette dernière épreuve, on a dû faire celle de la force du ressort du pince-spiral, d'après la règle du (N<sup>o</sup> 530).

§ 32. Nous remarquerons encore que, lorsque l'Horloge marche, le pince-spiral a un petit mouvement causé par les battements du spiral, & ce mouvement a également lieu, quelle que soit la force du ressort du pince-spiral ; mais je ne me suis pas aperçu qu'il résultât aucune variation de ce mouvement, qui est d'ailleurs insensible, lorsque le balancier fait 6 vibrations par seconde, que le spiral fait un plus grand nombre de tours, & que le pince-spiral est bien centré.

*Sur l'isochronisme du spiral.*

PROPOSITION.

*Les plus grands arcs sont plus isochrones entr'eux que les petits.*

§ 33. Dans un même ressort, on doit trouver un point plus ou moins approchant de l'isochronisme, selon que le balancier décrit de plus grands ou de plus petits arcs. Or je dis que le balancier décrivant les plus grands arcs, une différence de 10 ou 20 dans ces arcs, causera moins de variation dans la marche de l'Horloge, que la même diminution de 20 degrés n'en causeroit, si le balancier ne décrivait pas d'aussi grands arcs. Car, dans les ressorts en général, le plus grand accroissement de force se fait au commencement

V 2



## 156 DE LA MESURE DU TEMPS.

de la bande, comme on le voit par les fusées qui diminuent considérablement du premier au second tour, & peu dans le haut.

§ 34. La proposition que j'ai faite ici a été vérifiée par toutes les expériences qui l'ont suivie ; ainsi on peut regarder comme un principe certain pour arriver à l'isochronisme, qu'il faut que le balancier décrive les plus grands arcs possible ; & nous avons prouvé d'ailleurs que dans les grands arcs décrits par le balancier, on obtient une plus grande force de mouvement, sans que les frottemens croissent en même proportion. *Traité des Horloges*, n° 93, & *Essai sur l'Horlogerie*, n°. 1837.

### TROISIEME EPREUVE.

*Des limites qui fixent l'étendue des arcs décrits par le balancier dans les Horloges à Longitude.*

§ 35. C'est un avantage essentiel de faire décrire les plus grands arcs possibles au balancier d'une Horloge à Longitude ; car 1° le balancier en acquiert une force de mouvement qui augmente comme les quarrés des arcs : 2°. l'Horloge est moins susceptible des agitations du vaisseau, & des effets de l'artillerie : 3°. le balancier décrivant les plus grands arcs, une diminution de 10 ou 20 degrés dans ces arcs, causera moins de variations dans la marche de l'Horloge, que la même diminution de 20 degrés n'en causeroit, si les plus grands arcs de vibration avoient moins d'étendue : 4°. on parvient plus facilement à rendre les oscillations isochrones. Telles sont les raisons qui m'ont toujours porté à faire décrire au balancier les plus grands arcs, comme 240 degrés, & même jusqu'à 260 degrés ; mais il n'est pas toujours possible d'obtenir cette grande étendue d'arcs, parce que le spiral qui est le plus propre à l'isochronisme, se développe si considérablement dans ses tours extérieurs, par les grandes

excursions, que les spires vont battre au piton, ou au derrière du pince-spiral, ou bien en se resserrant, les spires se touchent, & dans l'un ou l'autre cas les oscillations ne peuvent plus être isochrones : voilà donc les vraies limites de l'étendue des arcs du balancier ; c'est que, dans les plus grandes oscillations, le spiral ne puisse toucher à quoi que ce soit ; d'où l'on voit que l'étendue des vibrations dépend de la nature même du spiral, & du plus ou moins de distance entre les spires, &c. La distance plus ou moins grande entre le piton & le pince-spiral contribue beaucoup encore à borner l'étendue des arcs de vibration ; car plus ces deux points sont éloignés, & plutôt le spiral y bat. C'est pour éviter ce défaut, que je place le piton à 70 degrés de distance du pince-spiral. Car lorsque le piton est à 90 degrés, ou au-delà, cela borne les vibrations à une petite étendue : il faut encore que le piton soit placé tout au bout du spiral ; car si celui-ci débordé trop, la spire extérieure vient y battre. Lors donc que l'on fait les épreuves pour parvenir à trouver le point, par lequel un spiral est isochrone, il est important, à chaque fois qu'on allonge ou raccourcit le spiral, d'examiner quelle peut être la plus grande étendue des arcs de vibration, pour que le spiral ne batte pas, & régler en conséquence la force motrice ; faute de ces précautions essentielles, on croira qu'un spiral n'est pas isochrone, tandis qu'en en faisant usage, il eût peut être été tel qu'on l'exige.

#### *Des épreuves pour l'isochronisme.*

§ 36. Les épreuves du spiral pour connoître s'il est propre à l'isochronisme, exigent les plus grandes précautions, faute desquelles on seroit exposé à mettre au rebut un bon spiral, & c'est ce qui m'est souvent arrivé par trop de précipitation. Pour éviter pareil accident, voici les moyens qu'il faut employer.

§ 37. 1°. Je suppose d'abord que le spiral est exécuté d'après

## 158 DE LA MESURE DU TEMPS.

les procédés & dimensions que j'ai détaillés ci-devant ;  
Chapitre III.

§ 38. 2°. Ayant un ressort spiral exécuté selon les dimensions propres, non-seulement à l'isochronisme, mais de plus à l'Horloge, il faut l'ajuster à demeure sur la virole, & que la virole soit tout à fait terminée, afin que si le spiral est jugé propre à l'isochronisme, on ne soit pas obligé de le démonter de dessus la virole, opération qui seule est capable de changer la nature du spiral. Pour cet effet, il faut dégager la virole près la mâchoire, pour que le spiral, en agissant, ne puisse jamais y toucher, ce qui troubleroit l'isochronisme ; le spiral doit être parfaitement centré, & tourner bien droit ; les vis de la mâchoire de la virole, tout à fait ferrées, afin que le bout intérieur du spiral soit inébranlable.

§ 39. 3°. Lorsque l'Horloge est remontée pour la faire *marcher en blanc*, il faut placer le piton avec toutes les précautions possibles, & de manière que le bout extérieur du spiral étant fixé très-solidement avec la mâchoire du piton, il soit parfaitement libre & *non forcé* : & cela se fait avec facilité dans mes nouvelles Horloges, au moyen du piton portant 4 vis à caler ; mais pour serrer la vis de la mâchoire, il faut soulever le balancier par des cartes, afin que le ressort de suspension soit tendu, & dans son état naturel. Car pour ainsi fixer le piton, l'Horloge se trouve renversée, le cadran étant en bas.

§ 40. 4°. Avant de tremper le pince-spiral, il faut l'ajuster convenablement avec le spiral, & avec le moins de jeu possible, dans la fente, afin que le pince-spiral ne bride pas en tournant autour du spiral ; le pince-spiral doit être tenu le plus léger & dégagé qu'il est possible, en lui conservant seulement la solidité relative à la force du spiral : ainsi préparé, il faut le tremper, le faire revenir bleu, l'adoucir & polir la fente, le représenter de nouveau avec le spiral, pour voir si la fente donne la liberté au spiral.

§ 41. Lorsque le mécanisme de compensation est remonté, il faut faire tourner le balancier avec la main, jus-

qu'à ce que la cheville du balancier réponde à 120 degrés, & en l'arrêtant par un frottement, afin de voir si le spiral, dans cet état du balancier, ne touche point au piton ou au derriere du pince-spiral, & dans ce cas, limer de l'un ou de l'autre, si cela se peut sans obstacle, sinon on verra le degré du balancier où le spiral ne touche pas. On notera cette plus grande étendue possible : on fera rétrograder le balancier, afin de voir si le spiral se resserrant, les spires ne se touchent pas au-dessous du degré d'étendue d'arc donné par la premiere épreuve. On notera cette plus grande étendue d'arc possible, afin que, dans les épreuves de l'isochronisme, les arcs décrits par le balancier soient toujours de 3 ou 4 degrés au-dessous de cette limite. Car si le spiral bat, cela rend les grandes oscillations plus promptes, & trouble l'isochronisme, qui auroit peut-être lieu, sans ce défaut de précaution ; enforte que, par-là seul, on peut croire un spiral défectueux, quoiqu'il fût par lui-même propre à l'isochronisme.

542. Je porte sur le Journal cette plus grande étendue des arcs : je fais ensuite marcher l'Horloge, en ajoutant successivement les poids nécessaires, pour que le balancier décrive des arcs de 4 ou 5 degrés, au-dessous de l'arc que j'ai reconnu être celui par lequel les spires battent. Je compare l'heure de l'Horloge à Longitude à celle de l'Horloge astronomique, & porte cette observation sur le Journal : au bout de deux heures je compare de nouveau les tems des deux Horloges, & porte l'observation sur le Journal ; ensuite j'ôte des poids du moteur la quantité nécessaire pour faire décrire au balancier 10 degrés de moins de chaque côté, ou 20 degrés d'amplitude ; au bout de deux heures, je note sur le Journal la marche de l'Horloge pour cette seconde époque : & si les arcs inégaux ne sont pas isochrones ; je raccourcis le spiral, en le faisant faillir hors du piton, mais sans couper cette partie faillante du spiral. Si ce bout empêche les arcs d'avoir librement moins de 120 degrés, j'ôte le spiral, & je fais ouvrir le dernier quart de tour au

## 160 DE LA MESURE DU TEMPS.

moyen des pinces à spiraux que je fais chauffer au chalumeau. J'examine de nouveau quelle peut être l'étendue des arcs, sans que les spires battent, je fais marcher l'Horloge avec différents poids, comme dans la première épreuve, & si ces arcs inégaux sont plus près d'être isochrones qu'ils n'étoient d'abord, je continue à raccourcir le spiral, & coupe auparavant la partie du spiral qui faille le piton : & ainsi de proche en proche, jusques à ce que les oscillations soient isochrones, ou que le spiral soit jugé ne pouvoir donner cette propriété.

Lorsque le spiral est amené fort près du point propre à l'isochronisme, il faut augmenter la durée des épreuves, & au lieu de deux heures d'intervalle, en employer six.

### R E M A R Q U E I.

§ 43. Lorsque les grands arcs décrits par le balancier sont plus lents que les petits, on est assuré que le spiral peut être rendu isochrone, en le raccourcissant ; mais si les grands arcs sont plus prompts que les petits, on n'a pas la même certitude ; cependant pour juger un spiral, il faut le raccourcir, & quand la lame est faite en fouet, selon les dimensions que j'ai établies, on parvient également à trouver dans un tel spiral un point propre à l'isochronisme : mais si, dans un spiral rendu plus court, les grands arcs sont plus prompts, & d'une plus grande quantité qu'ils n'étoient à la première épreuve ; à coup sûr, ce spiral ne peut être isochrone dans aucun point, & il faut en employer un autre.

### R E M A R Q U E I I.

§ 44. Nous observerons ici que, pour faire ces épreuves, il est absolument nécessaire d'employer, ainsi que je le pratique, les poids d'essais avec l'équipage que j'adapte au tambour. Car, avec un ressort, on ne pourroit pas varier selon le besoin la force motrice ; & lorsqu'on a trouvé le point  
par

par lequel un spiral est isochrone, l'étendue des arcs, & qu'on a réglé l'Horloge par le balancier, on a exactement la quantité de force que le ressort doit tirer (n° 133). Voy. Chapitre XVIII, (n° 517) la description de cet équipage d'essai.

*Il faut, à chaque fois que l'on démonte une Horloge à Longitude, revoir l'isochronisme du spiral.*

§ 45. J'ai presque toujours éprouvé qu'en démontant une Horloge à Longitude, les oscillations, qui auparavant étoient isochrones, ne l'étoient plus après qu'elle avoit été démontée. Cela venoit de ce que le piton de spiral ne reprenoit pas assez sûrement sa première position. C'est une des raisons qui m'a décidé à employer quatre vis pour caler le piton, & rendre le spiral parfaitement libre. Un autre moyen que j'emploie utilement, c'est de placer sous la vis de pression du piton, au lieu de la virole, un ressort qui en serrant la vis, appuie sur le piton, sans le faire tourner. Voy. Planche V, fig. 3.

Mais malgré cela, il est à propos toutes les fois qu'on nettoie une Horloge, de faire les épreuves nécessaires pour s'assurer du dérangement survenu, & ramener la machine à son premier état: & ces expériences doivent toujours être faites, lorsque le mouvement est placé dans son tambour. Il faut également revoir la compensation du chaud & du froid, &c.

Lorsqu'il est survenu quelque dérangement à l'isochronisme, malgré que le piton de spiral soit parfaitement calé, & le spiral libre, il faut, dans ce cas, allonger ou accourcir le spiral, jusqu'à ce qu'on ait retrouvé le point convenable; ensuite il faut diminuer, ou augmenter les masses de balancier, pour régler de nouveau l'Horloge dans son état actuel.

§ 46. Un autre moyen propre à ramener le spiral à l'isochronisme, lorsqu'il en a été dérangé, c'est en faisant élever,

## 162 DE LA MESURE DU TEMPS.

ou baisser le piton de spiral, par les vis qui servent à le caler; mais en ayant soin que le piton porte à plat sur ses vis, & qu'il soit libre.

*Règles à suivre pour ramener un spiral isochrone à son point, lorsqu'en démontant l'Horloge, il a été dérangé.*

547. Lorsqu'on démonte une Horloge pour la nettoyer, il arrive souvent qu'après qu'elle a été remontée, le spiral qui, auparavant, étoit isochrone, ne l'est plus : or cet effet peut être produit par deux causes : 1°. par le jeu de l'axe du balancier entre ses rouleaux : 2°. par le piton qui n'a pas la même position libre qu'il avoit d'abord. Pour donc ramener le spiral à son point, il faut premièrement donner le jeu convenable à l'axe, selon la règle de l'art n°. 527.

548. Mais si les oscillations ne sont pas isochrones, il faut élever ou abaisser le piton du spiral, au moyen des quatre vis qui servent à le caler, de sorte que le piton pose toujours bien à plat sur ses vis; on doit nécessairement retrouver par ce moyen le point par lequel les oscillations sont isochrones.

549. Si malgré les deux corrections que je viens d'indiquer, les oscillations n'étoient pas encore isochrones, il faudroit allonger ou accourcir le spiral, selon la règle suivante.

550. En général, lorsqu'un spiral n'est pas à son point, il faut changer sa longueur, soit en l'allongeant, ou en le raccourcissant, & d'abord en l'allongeant : si la différence d'isochronisme va en diminuant, continuer à l'allonger; si la différence va en croissant, il faut au contraire l'accourcir.

551. Enfin, pour éviter tous les tâtonnemens de longueur du spiral, le plus sûr est de faire usage du compensateur isochrone, ou de la *Table composée des arcs de la température.*

## CHAPITRE XX.

*Des Epreuves servant à la formation de la Table composée des arcs & de la température.*

*Des vérifications de l'Horloge, lorsqu'elle a été nettoyée, & qu'elle est remontée.*

§ 52. 1°. **L**ORSQUE toute l'Horloge est rassemblée, après qu'elle a été nettoyée, il faut avant de placer le piton, revoir le jeu de l'axe de balancier, & lui donner celui prescrit; (n° 527) il est important de revoir cette partie, après que toutes les cages sont rassemblées, parce que souvent, en serrant les goupilles, cela fait brider, ce qui ôte ou donne du jeu à l'axe.

§ 53. 2°. Il faut fixer le piton par la vis, & auparavant, s'assurer qu'il est bien calé; s'il ne l'est pas parfaitement, on le fera au moyen de ces vis: il faut employer beaucoup d'attention en fixant le piton, pour que la vis, en le serrant, ne le fasse pas tourner.

§ 54. 3°. Remonter le mécanisme de compensation, en faire l'examen selon la règle du (n° 530).

§ 55. 4°. Placer l'Horloge dans son tambour, la faire marcher, mettre le tambour de niveau, & régler l'Horloge au plus près par la vis de la boîte de compensation.

§ 56. 5°. L'Horloge étant réglée au plus près, il faut faire les épreuves de l'isochronisme, par l'équipage du contre-poids; si l'isochronisme est dérangé, c'est-à-dire, si pour 5 degrés de différence dans l'étendue des arcs, la marche de l'Horloge diffère de plus de 4 à 5 secondes en 24 heures, il faut travailler à donner plus de liberté au spiral, parce qu'en serrant le piton, on a pu le déranger, & si le spiral n'est



## 164 DE LA MESURE DU TEMPS.

pas à son point, il faut l'allonger ou l'accourcir selon les règles indiquées, & régler ensuite l'Horloge par les masses, & sans toucher au pince-spiral.

§ 57. 6°. Faire les épreuves du chaud au froid, & ramener la compensation au plus près, c'est-à-dire, que la différence ne soit que 3 ou 4 secondes au plus en 24 heures.

Pour faire ces épreuves, il faut employer la température moyenne de 10 degrés pour le froid, & 20 degrés pour le chaud. Si la compensation n'est pas à son point, on approchera ou écartera de la tige du pince-spiral la boîte de compensation, & de fort peu à la fois, & on réglera l'Horloge à chaque fois.

§ 58. 7° enfin, l'Horloge conduite à ce point, & étant réglée au plus près, on fera les épreuves pour dresser la Table des arcs & de la température.

### R E M A R Q U E.

§ 59. Pour travailler à former la Table composée des arcs & de la température, il faut choisir le tems où les nuits sont froides, & où le thermomètre se tient à 5 ou 6 degrés au-dessus de la glace.

§ 60. On commencera les épreuves pour la formation de la Table, par le terme du plus grand froid, afin de pouvoir augmenter la chaleur par gradation, en suivant l'ordre ci-après. Et je dois observer auparavant qu'il est nécessaire de choisir pour ces épreuves une chambre qui soit située au Nord, afin d'éviter les différences de température qui ont lieu du jour à la nuit, lorsque cette chambre est située au Midi ou au Levant.

§ 61. 8°. On ouvrira les portes de l'étuve, ainsi que la fenêtre de la chambre où se font les épreuves, & on laissera l'Horloge au froid pendant plusieurs heures, afin que l'intérieur de la machine éprouve la même température que le thermomètre indique.

*De la Table composée des arcs & de la température.*

*Ordre à suivre pour faire les épreuves servant à la formation de cette Table.*

562. 1°. Placer l'Horloge dans l'étuve, la mettre de niveau, poser sur la glace de l'Horloge le thermomètre qui doit accompagner cette machine à la mer. Il faut commencer les épreuves par le terme du plus grand froid, 3 degrés par exemple du thermomètre, au-dessus de la glace.

563. 2°. Avant de compter la marche de l'Horloge, il faut qu'elle ait été au moins 12 heures au froid, afin que toutes les parties intérieures de la machine soient également pénétrées par le degré de froid indiqué par le thermomètre.

*Première partie de la Table, par 3 degrés du thermomètre.*

564. 3°. L'Horloge ayant été 12 heures au froid, de 3 degrés, on écrira sur le Journal sa marche, ou la différence de l'heure qu'elle marque, avec l'heure de l'Horloge astronomique : on portera également sur le Journal le degré du thermomètre, & le nombre de degrés *naturels* décrits par le balancier.

565. 4°. Au bout de 12 heures, on portera sur le Journal le tems de l'Horloge ; l'étendue des arcs, & le degré du thermomètre doivent être aussi portés ; mais ils ne doivent pas avoir changé. Nous supposons ici les arcs de 106 degrés, & le thermomètre 3 degrés ; on aura donc la marche de l'Horloge par le froid 3 degrés, & l'étendue des arcs naturels à ce degré, ce fera le premier terme de la première partie de la Table.

566. 5°. Mettre un contre-poids, pour que les arcs soient de 5 degrés plus petits, c'est-à-dire, 101.

## 166 DE LA MESURE DU TEMPS.

567. 6°. Au bout de six heures, noter le tems de l'Horloge, les arcs & le degré du thermomètre, & ajouter au contre-poids, afin que les arcs soient de 96 degrés.

568. 7°. Au bout de six heures, noter le tems de l'Horloge, & ajouter au contre-poids, pour que les arcs soient de 91 degrés, le thermomètre étant toujours à 3 degrés.

569. 8°. Au bout de six heures, noter le tems de l'Horloge, les arcs 90 degrés, & on ôtera les contre-poids ajoutés pour diminuer les arcs.

### *Seconde partie, par 10 degrés de température.*

570. 9°. Allumer une mèche, & faire monter le thermomètre à 10 degrés, l'entretenir à ce point, pendant 12 heures, afin d'avoir l'arc naturel du balancier par cette température, & que toutes les parties de la machine en soient également pénétrées

571. 10°. Lorsqu'on se fera assuré pendant 12 heures de tems, que l'Horloge est à la température de 10 degrés, on portera sur le Journal les tems de l'Horloge, l'étendue des arcs, & le degré 10 du thermomètre.

572. 11°. Au bout de 12 heures, on notera le tems de l'Horloge, l'arc décrit, & le degré 10 du thermomètre, & on aura la marche de l'Horloge, par la température 10 degrés; on aura le premier terme de la seconde partie de la Table, 10 degrés de température, & les arcs naturels décrits par le balancier que nous supposons de 110 degrés.

573. 12°. Mettre un contre-poids, pour faire décrire 105 degrés, ou 5 degrés de moins que les arcs naturels.

574. 13°. Au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge: on aura la marche par 105 degrés d'arcs, à 10 degrés de température. Le second terme indiquera les quantités dont l'observateur doit tenir compte, lorsque l'épaississement des huiles aura diminué de 5 degrés, les arcs décrits par le balancier, ou 105 degrés: ajouter au contre-poids, pour que les arcs soient de 100 degrés.

PREMIERE PARTIE , CHAP. XX. 167

575. 14°. Au bout de 6 heures , noter le tems de l'Horloge , ajouter au contre-poids , pour que les arcs soient de 95 degrés , & noter le tems de l'Horloge , au bout de 6 heures ; on aura tous les termes de la seconde partie de la Table , par 10 degrés du thermomètre. On ôtera le contre-poids.

*Troisième partie de la Table , par 18 degrés de thermomètre.*

576. 15°. Allumer une méche de plus , & faire monter le thermomètre à 18 degrés , l'entretenir à ce point , pendant 12 heures , de sorte que l'Horloge soit intérieurement à cette température.

577. 16°. Noter le tems de l'Horloge , & la laisser à cette température ; au bout de 12 heures , noter le tems de l'Horloge , l'arc décrit par le balancier , on aura la marche de l'Horloge , par 18 degrés du thermomètre , & l'arc naturel , par cette température ; je le suppose 113 degrés ; ce fera le premier terme de la troisième partie de la Table.

578. 17°. Mettre un contre-poids pour diminuer les arcs de 5 degrés , ou pour être de 108 degrés ; au bout de 6 heures , noter le tems de l'Horloge , par 108 degrés arcs & 18 degrés de thermomètre.

579. 18°. Ajouter au contre-poids , pour que les arcs soient de 103 degrés ; au bout de 6 heures , noter le tems de l'Horloge.

580. 19°. Ajouter au contre-poids , pour que les arcs soient de 98 degrés ; au bout de 6 heures , noter le tems de l'Horloge , on aura tous les termes de la troisième partie de la Table , par 18 degrés : on ôtera les contre-poids.

*Quatrième partie de la Table , par 26 degrés de Thermomètre.*

581. 20°. Allumer une méche de plus , & faire monter le thermomètre à 26 degrés , l'entretenir à ce point , pen-

## 168 DE LA MESURE DU TEMPS.

dant 12 heures, pour que l'intérieur de la machine soit à ce degré de chaleur.

582. 21°. Au bout de 12 heures, on notera le tems de l'Horloge, l'arc décrit par le balancier que je suppose 115 degrés, & le degré 26 du thermomètre.

583. 22°. Au bout de 12 autres heures, on notera le tems de l'Horloge & l'arc 115 décrit : on aura la marche de l'Horloge par 26 degrés du thermomètre, & l'arc *naturel* décrit à ce degré de chaleur ; ce sera le premier terme de la quatrième partie de la Table.

584. 23°. Mettre un contre-poids, pour réduire les arcs naturels à 110 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

585. 24°. Ajouter au contre-poids, pour réduire les arcs à 105 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

586. 25°. Ajouter au contre-poids, pour réduire les arcs à 100 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge ; on aura enfin, par-là, tous les termes des quatre parties de la Table. On ôtera les contre-poids.

Voyez ci-après le modèle d'épreuves de cette méthode appliqué à l'Horloge (n° 17) à poids.

PREMIERE PARTIE, CHAP. XX. 169  
 587. EXEMPLE OU MODELE D'EPREUVES,

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

Pour la Table de la température & des arcs.

*Première Partie par le froid, 5 degrés au-dessus de 0.*

- à 6 h. M. Mise au froid, l'Horloge de niveau dans son étuve.  
 à 6 h. 20' S. Retarde  $9'' \frac{1}{2}$ , arc naturel 105 d., Thermomètre 5 d.  
 Le 9 à 6 h. 20'' M. Ret.  $17'' \dots$  arc 105... Th. 5 ret.  $7'' \frac{1}{2}$  en 12 h. =  $15''$  en 24 h.  
 mis un contre-poids, arc 100 d.  
 à 11 h. 20'. Ret.  $21'' \frac{1}{2}$ , arc réduit 100, Th. 5 d. ret.  $4'' \frac{1}{2}$  en 5 h. =  $21'' \frac{6}{10}$   
 en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 95 d.  
 4 h. 20'. Ret.  $27'' \frac{3}{4}$ , arc réduit 95, Th. 5 d. ret.  $6'' \frac{1}{4}$  en 5 h. =  $30''$  en  
 24 h. ôtez le contre-poids.

*Seconde Partie par 12 degrés.*

*Allumé la lampe, 1 mèche.*

- Le 10 à 7 h. 20' M. Ret.  $42''$ , Th. 12 d. arc naturel 110 d.  
 7 h. 20' S. Ret.  $48''$ , Th. 12 d. arc naturel 100 d. ret.  $6''$  en 12''  
 = 12 en 24 h. mis un contre-poids, arc réduit 105 d.  
 Le 11 à 8 h. 20' M. Ret.  $56'' \frac{1}{4}$ , Th. 12, arc réduit 105 d. ret.  $8'' \frac{1}{4}$  en 13 h. =  
 $15'' \frac{3}{10}$  en 24 h. ajoutés au contre-poids, arc réduit 100 d.  
 à 2 h. 20' S. Ret.  $1' 3''$ , Th. 12, arc réduit 100 d. ret.  $6'' \frac{3}{4}$  en 6 h. =  $27''$   
 en 24 h. ôtez les contre-poids.

*Troisième Partie par 18 degrés.*

*Allumé 2 mèches.*

- Le 12 à 6 h. 0' M. Ret.  $1' 15''$ , arc naturel 114, Th. 18 d.  
 à 12 h. 0' Ret.  $1' 16'' \frac{1}{2}$ , arc 114, Th. 18 d. ret.  $1'' \frac{1}{2}$  en 6 h. =  $6''$  en  
 24 h. mis contre-poids, arc 109 d.  
 à 6 h. 0' S. Ret.  $1' 19'' \frac{1}{4}$ , arc réduit 109, Th. 18, ret.  $2'' \frac{3}{4}$  en 6 h. =  $11''$   
 en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 105.  
 à 9 h. 0' S. Ret.  $1' 22'' \frac{1}{4}$ , arc réduit 105, Th. 18, ret.  $3'' \frac{1}{2}$  en 3 h. =  
 $28''$  en 24 h. ôtez les contre-poids.

*Quatrième Partie par 26 degrés.*

*Allumé 3 mèches.*

- Le 13 à 5 h. 35' M. Ret.  $1' 24'' \frac{1}{4}$ , arc naturel 114, Th. 26.  
 à 10 h. 35'. Ret.  $1' 25'' \frac{1}{2}$ , arc naturel 114, Th. 26, ret.  $\frac{1}{4}''$  en 5 h. =  
 $3'' \frac{8}{10}$  en 24 h. mis contre-poids arc 109.  
 à 3 h. 35'. Ret.  $1' 26'' \frac{1}{2}$ , arc réduit 109, Th. 26, ret.  $1''$  en 5 h. =  $4'' \frac{8}{10}$   
 en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 103.  
 8 h. 35'. Ret.  $1' 28'' \frac{3}{4}$ , arc réduit 103, Th. 26, ret.  $2'' \frac{1}{4}$  en 5 h. =  
 $10'' \frac{8}{10}$  en 24 heures,

Y

170 DE LA MESURE DU TEMPS.

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

*Table d'Equation composée des corr.ctions qu'il faut faire au temps de l'Horloge, à raison des changemens de la température, & de l'étendue des arcs décrits par le balancier.*

Première Partie par le froid de 5 degrés de Thermomètre au-deffus de 0.

Arcs naturels 105 degrés, l'Horloge retarde de 15'' en 24 heures.  
 Arcs supposés 100 d. . . . . retardera de 21''  $\frac{6}{10}$ .  
 95 d. . . . . retardera de 30''

Seconde Partie, par 12 d. de Thermomètre au-deffous de 0.

Arcs naturels 110 d. . . . . retarde de 12'' en 24 h.  
 Arcs supposés 105 d. . . . . retardera de 15''  $\frac{2}{10}$ .  
 100 d. . . . . retardera de 27''.

Troisième Partie, par 18 d. du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . . . . retarde de 6'' en 24 h.  
 Arcs supposés 109 d. . . . . retardera de 11''  
 104 d. . . . . retardera de 28''

Quatrième Partie, par 26 d. du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . . . . retarde de 3''  $\frac{6}{10}$  en 24 h.  
 Arcs supposés 109 d. . . . . retardera de 4''  $\frac{8}{10}$ .  
 103 d. . . . . retardera de 10''  $\frac{8}{10}$ .

R E M A R Q U E.

En retranchant de tous les termes de la Table ci-dessus le plus petit 3''  $\frac{6}{10}$ , c'est-à-dire, qu'en supposant l'Horloge réglée par les arcs naturels, du 26<sup>e</sup> degré de température, on aura la Table suivante, réduite à la plus simple expression.

**PREMIERE PARTIE, CHAP. XX. 171**  
**HORLOGE A LONGITUDE N° 17.**

*Table d'Equation composée des corrections qu'il faut faire au  
 temps de l'Horloge, à raison des changemens de la température  
 & de l'étendue des arcs décrits par le balancier.*

Première Partie par le froid de 5 degrés de Thermomètre  
 au-dessus de 0.

Arcs naturels 105 degrés, l'Horloge retarde de  $11'' \frac{4}{10}$  en 24 heures.  
 Arcs supposés 100 d. . . . . retardera de  $18''$ .  
 95 d. . . . . retardera de  $26'' \frac{4}{10}$

Seconde Partie par 12 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 110 d. . l'Horloge retarde de  $8'' \frac{4}{10}$  en 24 heures.  
 Arcs supposés 105 d. . . . . retardera de  $11'' \frac{2}{10}$ .  
 100 d. . . . . retardera de  $23'' \frac{4}{10}$

Troisième Partie par 18 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . l'Horloge retarde de  $2'' \frac{4}{10}$  en 24 heures.  
 Arcs supposés 109 d. . . . . retardera de  $7'' \frac{4}{10}$ .  
 104 d. . . . . *idem* . . de  $24'' \frac{4}{10}$

Quatrième Partie par 16 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . l'Horloge supposée réglée =  $0''$  correction.  
 Arcs supposés 109 d. . . . . retardera de  $1'' \frac{2}{10}$ .  
 103 d. . . . . *idem* . . de  $7'' \frac{2}{10}$

**R E M A R Q U E.**

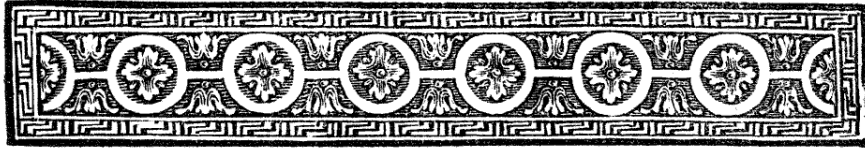
588. La compensation du chaud & du froid dans cette Horloge est trop forte. Il eut été à propos avant de travailler à la formation de cette Table, de conduire au plus-près la compensation par la température moyenne de 10 d. à 20 d. du Thermomètre : car ici de 12 à 18 d. il y a  $6''$  de différence en 24 heures, & on auroit pu l'amener à 0; les différences seroient rejettées dans les termes extrêmes du chaud & du froid, qui sont moins fréquents en mer.

589. Toutes les opérations que nous venons de détailler étant faites, on pourra placer le tambour & l'Horloge sur la suspension; on mettra de l'huile aux pivots de suspension, après qu'elle aura été nettoyée, & en cet état il convient de vérifier la position horizontale de l'Horloge sur la suspension, en plaçant un niveau à bulle d'air sur la glace. Si elle n'est pas horizontale dans tous les points, il faudra les ramener par les vis de la suspension, & par les *portes-pivots* qui sont attachés au tambour; ces *portes-pivots* peuvent se mouvoir en *coulisse*, en desserrant les vis, & en frappant avec un marteau, ensuite on resserrera les vis.

*Fin de la première Partie.*







# DE LA MESURE DU TEMPS.

---

## SECONDE PARTIE.

Des moyens de perfectionner les Montres de poche, & les Horloges Astronomiques.

---

### CHAPITRE PREMIER.

*Des Causes de variations des Montres de poche.*

590. QUOIQUE la théorie & les principes que j'ai donnés dans mon *Traité des Horloges Marines*, & dans la première Partie de cet Ouvrage pour la composition des petites Horloges à Longitude, soient également applicables aux Montres de poche, que la construction même de ces machines puisse être employée dans les Montres, je m'arrêterai ici à traiter particulièrement ce qui regarde les Montres de poche, en essayant de donner à ces petites

machines qui servent à la Mesure du Temps une justesse plus constante. Je le fais sur-tout en faveur des Artistes qui n'auront pas voulu faire par eux-mêmes cette application ; & je vais essayer de leur tracer la route.

§ 91. J'ai traité fort au long dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, de la théorie, de la construction & de l'exécution des Montres ordinaires : je n'ajouterai rien à cet objet ; car en suivant les méthodes que j'ai indiquées, on parviendra à faire des Montres avec toute la perfection requise pour l'usage du Public ; mais il reste à désirer, pour les observateurs & les amateurs, d'avoir des Montres portatives qui aient toute la justesse possible : or les connoissances & les expériences acquises par le travail des Horloges & des Montres à Longitude, facilitent les moyens propres à remplir cet objet ; mais avant de proposer ces moyens de perfection, il faut premièrement examiner & indiquer les vices de construction & d'exécution des Montres ordinaires.

*Causes de variations des Montres de poche.*

1°. *Les changemens dans les frottemens des pivots, & dans les résistances des huiles.*

§ 92. Le plus grand obstacle qui s'oppose à la constante justesse des Montres est celui des frottemens des pivots, tant du rouage que du balancier, & l'augmentation dans les résistances des huiles à mesure qu'elles s'épaississent ; & dont l'effet est d'autant plus sensible que la force de mouvement du régulateur des Montres est toujours très-petite : enforte que pour peu que les huiles s'épaississent, ce qui augmente le frottement, les arcs de vibration du balancier diminuent, d'où il résulte un retard dans la marche de la Montre.

2°. *Les différences de température auxquelles ces machines sont exposées.*

§ 93. Les changements de température auxquels ces machines sont exposées, par des passages subits du chaud au froid, sont cause des plus grands écarts ; & les différences dans la température n'affectent pas de la même manière toutes les Montres. Car si le balancier d'une Montre est petit & léger, qu'il ait de gros pivots, le froid fera retarder la Montre, & j'en ai vu dont la différence en 24 heures étoit de 15 minutes de retard par le froid de la glace, la Montre étant réglée par 10 degrés au-dessus ; voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1908.

§ 94. Si au contraire le balancier est grand, fait des vibrations lentes, & que ses pivots soient d'un petit diamètre, les frottements étant réduits à la plus petite expression, alors l'action du froid sur le spiral fera avancer beaucoup la Montre, & cette quantité peut aller jusqu'à 7 minutes en 24 heures d'avance par le froid, la Montre étant réglée dans le gouffet, *Essai* n° 1894.

§ 95. Mais en supposant même que l'on ait fait usage de la compensation *naturelle* des huiles ( dont nous avons établi la théorie, *Essai sur l'Horlogerie*, chap. XXX, deuxième Partie ), la Montre où cette compensation a lieu ne conservera sa marche que pendant que les huiles seront fraîches ; car à mesure qu'elles s'épaissiront, la Montre ira en retardant, & elle finira par avancer par le chaud, & retarder par le froid.

3°. *Les diverses positions d'une Montre, horizontale, verticale ou inclinée.*

§ 96. Une Montre de poche est nécessairement exposée à être tantôt verticale, tantôt horizontale ou inclinée de divers

## 176 DE LA MESURE DU TEMPS.

fens, & tels soins qu'on apporte en la réglant par ces diverses positions, il fera bien difficile d'empêcher qu'il ne reste encore des variations. Mais en supposant même qu'elle soit bien réglée dans ces positions au moment où la Montre vient d'être terminée & nettoyée, il ne s'ensuit pas de-là quelle puisse toujours conserver cette perfection : car au contraire, à mesure que les huiles s'épaissiront, & que les frottements changeront de nature, ils affecteront différemment la marche de la Montre, laquelle variera en passant de la position horizontale à la verticale.

### 4°. *Les agitations du porté.*

§ 97. On doit compter parmi les obstacles qui s'opposent à la justesse des Montres, celui des agitations & secousses auxquelles une Montre de poche est exposée en la portant : l'effet des agitations est nécessairement d'augmenter ou de diminuer l'étendue des vibrations du balancier : or comme les oscillations d'inégale étendue ne sont pas naturellement de même durée, il s'ensuit des variations dans la marche de la Montre.

### 5°. *La chaleur du gousset qui dessèche promptement l'huile des pivots de la Montre.*

§ 98. Une Montre qui est portée dans le gousset éprouve une chaleur si considérable, que les huiles sont promptement desséchées, enforte que cela change la compensation qui avoit lieu, la Montre varie par ses diverses positions, &c. ainsi que nous venons de le dire ci-devant ; enfin la Montre passe de cette grande chaleur ( sur-tout en hiver ) à un grand froid ; & ces différences subites, & par les termes éloignés, affectent encore la marche de la Montre.

6°.

6°. *La nature des huiles employées dans la Montre.*

599. Il est infiniment important d'employer de bonne huile aux pivots d'une Montre de poche ; car la Montre la plus parfaite, dans laquelle on aura mis de l'huile de bonne qualité, cessera d'avoir la même exactitude lorsqu'après avoir été démontée, & nettoyée on mettra de l'huile moins bonne.

7°. *Les défauts du ressort moteur, tel qu'il est employé dans les Montres, &c.*

600. Par la construction des Montres, le ressort-moteur est dans un trop grand rapport avec la puissance du régulateur, enforte qu'il le maîtrise & lui transmet ses inégalités & il cause de très-grands frottement ; d'ailleurs, par la mauvaise disposition du grand ressort, il se trouve toujours dans un état forcé lorsque la Montre est remontée, parce qu'il ne reste ordinairement qu'un demi-tour de *vide* ; or de tels ressorts sont exposés à perdre de leur force ou à casser.

8°. *Les mauvais engrenages.*

601. On emploie communément des pignons de 6 dans les Montres, ce qui forme de très-mauvais engrenages, & les trous des pivots s'usent promptement, ce qui augmente le frottement, & ajoute encore aux autres vices de ces machines, & cause des variations dans l'étendue des arcs décrits par le balancier, & par conséquent dans la marche de la Montre.

9°. *Les vices des échappements employés dans les Montres.*

602. L'échappement, cette partie si importante dans toutes les machines qui mesurent le temps, l'est encore plus

Z

## 178 DE LA MESURE DU TEMPS.

dans les Montres, parce que les changements qu'il éprouve par ses frottements & inégalités, ont plus d'influence sur le régulateur qui est un balancier léger, qui a peu de force & de mouvement : & comme les Montres reprennent toute seules leur mouvement lorsqu'elles ont été arrêtées & qu'on les remonte, le moteur a, comme nous l'avons observé, un grand rapport avec la force du balancier, & par conséquent la pression ou frottement en est d'autant plus grande dans l'échappement à cylindre qui est le plus en usage, quoiqu'il soit en effet fort mauvais : car cet échappement exigeant de l'huile, il en résulte des variations très-grandes à mesure que l'huile s'épaissit ; & lorsqu'elles sont desséchées, le cylindre se creuse & se détruit : l'échappement à roue de rencontre n'a pas les mêmes défauts, mais en revanche le moindre changement dans la force motrice affecte la durée des vibrations qui sont plus promptes par les grands arcs, & plus lentes par les petits.

10°. *Les oscillations d'inégales étendues, décrites par le balancier, ne sont pas isochrones.*

603. Enfin une des causes les plus essentielles des variations des Montres, c'est celle du non-isochronisme des vibrations du balancier ; car les arcs varient à chaque instant, soit par les agitations du porté, soit par les diverses positions de la Montre, soit par le chaud & par le froid : par les changements dans la force motrice, dans les frottements, les engrenages, les résistances des huiles, &c ; ce qui fait nécessairement varier la Montre à chaque instant.

604. D'après l'exposé exact que nous venons de faire des défauts des Montres, on peut être certain que si des machines de cette espèce ont cependant une sorte de régularité, elle n'est due qu'à des vices qui sont détruits par d'autres, en sorte que le hasard contribue plus à leur justesse, que l'art des Ouvriers qui les exécutent.

CHAPITRE II.

*Des Principes de construction des Montres portatives , pour  
obtenir de ces machines la plus grande justesse.*

*Observations préliminaires sur les diverses sortes de Montres à  
employer pour l'usage du Public & des Observateurs.*

605 **D**ANS l'état de perfection où l'Art de l'Horlogerie est maintenant porté, on peut diviser en trois espèces les Montres portatives servant à la Mesure du Temps.

606. La première classe comprend les Montres ordinaires, simples ou à répétition, à cylindre, &c, dans lesquelles la compensation du chaud & du froid est produite par les frottements & les résistances des huiles des pivots de balancier, (voy. *Essai sur l'Horlogerie* n° 1880 & suiv.). On conçoit aisément, d'après les obstacles dont nous avons rendu compte ci-devant, (chap. 1, n° 593 & suiv.) qu'il n'est pas possible que la justesse des Montres ordinaires soit long-tems la même à cause de la quantité absolue que doivent avoir les frottements & les résistances des huiles, pour produire la compensation; or les huiles varient & changent promptement; en sorte que la justesse que l'on peut obtenir de ces machines, quoique suffisantes pour l'usage du Public, ne l'est nullement assez pour les Observateurs qui ont besoin de précision.

607. La seconde classe comprend les Montres à Secondes que j'ai appelée *Montres Astronomiques*, & auxquelles j'ai appliqué un mécanisme pour la compensation du chaud & du froid: j'en ai construit deux sur ce principe; l'une a été vendue à Londres en 1766, & l'autre a été faite en 1768, pour M. le Chevalier de Fleurieu (a).

(a) *Traité des Horloges Marines*, Appendice, pag. 533, & Introduction pag. xxiv.



Je place dans la troisième classe des Montres portatives ma Montre à Longitude, commencée en 1764 pour M. le Marquis de Courtenvaux; voy. première partie, chap. XII.

608. Dans les Montres ordinaires à *compensation naturelle*, il faut augmenter à dessein les frottements & les résistances des huiles des pivots de balancier, & diminuer la puissance du balancier au point requis, pour obtenir la compensation du chaud & du froid: or dans ce cas la force motrice maîtrise nécessairement le régulateur; j'ai suffisamment traité de ces sortes de Montres dans l'*Essai sur l'Horlogerie* auquel je renvoie.

609. Le régulateur des Montres Astronomiques doit avoir la plus grande puissance, & les frottements de ses pivots doivent être les plus petits possibles: les pivots de balancier des Montres Astronomiques doivent tourner dans des trous, de même que ceux des Montres ordinaires; la position de cette sorte de Montre doit pouvoir être indifféremment horizontale, verticale ou inclinée.

610. Pour donner aux Montres de la troisième classe, que j'appelle *Montre à Longitude* toute la justesse possible, il faut dégager les pivots du balancier de leurs frottements au moyen des rouleaux, & il est à propos que les Montres de cette espèce conservent le plus qu'il est possible la même position; mais comme j'ai déjà traité ci-devant ce qui concerne les Montres à Longitudes, je me bornerai ici aux Montres Astronomiques.

### *Principes sur les Montres portatives.*

611. Obtenir d'une Montre portative une justesse constante, est la chose qui éprouve le plus d'obstacles: rien cependant ne seroit plus utile ni intéressant, que de pouvoir donner à ces machines plus de régularité. Aujourd'hui (en 1771) que je crois avoir acquis les connoissances nécessaires pour en tracer la route, je vais, guidé par les principes que

j'ai établi sur les Horloges Marines, indiquer les moyens propres à donner aux Montres portatives toute la justesse qu'elles comportent.

612. Trois parties essentielles font la base de la justesse des Montres portatives, de même que pour les Horloges à longitudes.

613. 1°. La justesse de ces machines est fondée sur la réduction & la constante uniformité des frottements, qui doivent être tels, que le balancier décrive constamment des arcs de même étendue, soit que la Montre soit verticale ou horizontale; & il faut de plus que ces arcs changent peu d'étendue par le chaud ou par le froid, & que l'épaississement propre des huiles ne fasse pas varier les arcs de vibrations du balancier: or cet état de perfection dépend du rapport entre la pesanteur & la vitesse du balancier avec le diamètre des pivots; cela dépend particulièrement de la matière que l'on emploie pour faire les trous des pivots: si les trous sont en cuivre ou en or, le balancier doit être beaucoup plus léger, (les pivots restant les mêmes), que si les trous étoient faits en rubis.

614. 2°. La justesse d'une Montre est plus encore essentiellement fondée sur la nature des oscillations du balancier, lesquelles doivent être telles, que soit que le balancier décrive des grands ou des petits arcs, les oscillations soient rigoureusement isochrones ou d'égale durée: or j'ai démontré, dans mon *Traité des Horloges Marines*, que cette propriété si désirable peut être obtenue par le spiral lui-même, & j'ai établi dans cet Ouvrage les principes de cette théorie: j'ai également établi tous les moyens propres à parvenir à rendre le spiral isochrone (a).

(a) J'observerai ici qu'il ne suffit pas encore que le spiral soit isochrone, pour que les oscillations d'inégale étendue soient de même durée, car si le balancier éprouve trop de frottement dans les pivots, il arrivera nécessairement, que ces frottements venant à changer, ainsi que les résistances des huiles, ces changements produiront des variations dans la Montre, dont les oscillations d'abord isochrones, cesseront de l'être par cet accroissement de frottement, qui rendra les petites vibrations plus lentes que les grandes, & cet effet des frottements est très certain. Voyez *Essai sur l'Horlogerie*, (n° 188), la compensation que cet effet produit dans les Montres.

615. 3°. Une Montre portative qui réunit les deux qualités que je viens d'énoncer, feroit nécessairement de très-grandes variations, si on n'employoit pas, ainsi que je l'ai fait dans mes Horloges à Longitude, un moyen de compensation pour la correction des effets du chaud & du froid : le troisième article nécessaire, pour avoir une Montre parfaitement exacte, consiste donc dans la compensation des effets du chaud & du froid.

616. 4°. Un quatrième article très-important dans la composition d'une Montre exacte, consiste dans l'échappement, lequel doit être tel qu'il ne trouble pas la nature des oscillations isochrones fondées par le spiral, & il faut de plus qu'il n'ait pas de frottement qui, à la longue, puisse altérer la justesse de la Montre : & tel est l'échappement libre que j'ai composé & appliqué également à mes Horloges à Longitude & à mes Montres portatives.

617. 5°. Il est très-important d'avoir un ressort moteur qui ne soit pas dans un état forcé ; pour cette effet, il faut suivre les moyens employés dans mes Montres à Longitude, où le grand ressort a au moins trois tours de reste au haut ; voy. chap. V, première partie.

618. 6°. Il ne faut pas que la Montre cesse de marcher pendant qu'on la remonte ; ainsi dans une telle machine il faut faire usage du remontoir logé dans la fusée, de même que dans les Horloges à Longitude, (*Traité des Horloges Marines*, (n° 681, 811).

619. 7°. Enfin le rouage de la Montre doit être réduit au plus simple comme dans mes petites Horloges à Longitude, employer des pignons nombrés, & cependant les roues les plus petites & les plus légères ; voy. Planche III, fig. 6 & 7.

620. Je n'entrerai pas ici dans de plus grands détails sur la construction d'une Montre Astronomique ; il faudroit répéter ce que j'ai dit ci-devant, chap. IX, en traitant de la Montre à Longitude n 1, & chap. XI, pour celle n° 36.

*Des épreuves qu'il faut faire subir aux Montres Astronomiques de poche , pour obtenir toute la justesse qu'elles comportent.*

621. Pour faire les épreuves dont nous allons parler , il faut que la Montre soit entièrement terminée , mise libre & remontée dorée , l'échappement fini ; de même que le mécanisme de compensation.

622. Le balancier ne doit pas être rivé sur son axe comme on le pratique dans les Montres ordinaires ; mais il doit être fixé par deux vis , afin de pouvoir en changer selon le besoin , de même que je l'ai toujours pratiqué dans mes Horloges & Montres à Longitude : pour cet effet , la tige & l'affiette de balancier doit être d'une seule pièce : l'affiette doit être très-petite , & formée sur la tige même , & faite avec le meilleur acier ; dans mon échappement libre , la tige de balancier doit porter une seconde affiette , sur laquelle il faut aussi attacher par deux petites vis le cercle d'échappement.

1°. *Déterminer le rapport du poids du balancier avec les pivots.*

623. La première épreuve qu'il convient de faire avec la Montre , c'est de déterminer la pesanteur que doit avoir le balancier relativement à la grosseur de ses pivots : elle doit être telle qu'en faisant marcher la Montre horizontalement , ou verticalement , l'étendue des vibrations soit la même , *Traité des Horloges Marines* , n° 112 ; on ajustera donc un spiral plié , ferré , & faisant au moins six tours , & on fera marcher la Montre. Si les arcs sont plus grands , la Montre étant plus horizontale , que verticale ; c'est une preuve que le balancier est trop pesant ; mais on peut partir d'après des expériences déjà faites ; par exemple , j'ai trouvé qu'un balancier qui fait quatre vibrations par secondes , a 10 lig. de diamètre ,

## 184 DE LA MESURE DU TEMPS.

& pese six grains  $\frac{1}{4}$ , décrit les mêmes arcs, horizontal ou vertical.

### 2°. Régler l'isochronisme des vibrations par le spiral.

624. Pour obtenir un spiral isochrone dans une Montre, il faut se servir de lames d'acier bien travaillées, & égales de force, les plier en un grand nombre de tours serrés & d'un petit diamètre, en suivant les règles établies, *Traité des Horloges* (n° 150 & suiv.). Les épreuves pour l'isochronisme doivent être faites de la même manière que je l'ai expliqué ci-devant (n° 535 & suiv.) pour les petites Horloges à Longitude.

### 3°. Régler la pesanteur du balancier sur celle du spiral.

625. Lorsque le spiral d'une Montre est reconnu isochrone, il faut régler la Montre en changeant le poids du balancier; s'il est trop léger, il faut en mettre un autre, & c'est par cette raison que le balancier doit être fixé par deux vis; s'il est trop pesant, il faut le diminuer jusques à ce que la Montre soit réglée, & sur-tout il ne faut pas toucher au pince-spiral, de peur de changer l'isochronisme en changeant la longueur du spiral & le point par lequel il est isochrone; le balancier doit décrire les plus grands arcs possibles & au moins de 300 degrés, 1°. parce que le régulateur acquiert une force de mouvement qui croît comme les quarrés des arcs; 2°. parce que les grands arcs sont plus isochrones entr'eux, (n° 533); 3°. parce que la Montre est moins susceptible des agitations du porté.

### 4°. Régler la quantité de force motrice.

626. Pour donner à la Montre la quantité de force motrice qui lui est convenable, cela dépend de l'étendue d'arcs que le balancier doit décrire; & cette étendue doit être

être déterminée par le point où les arcs sont plus isochrones entr'eux; voy. ci-devant, (n° 138).

5°. *Régler la Montre platte & pendue.*

627. L'isochronisme des vibrations étant trouvé dans la Montre, & la force motrice convenable à cet isochronisme étant aussi réglée d'après, il faudra régler la Montre par ses diverses positions horizontale & inclinée, ce qui se fera en ôtant du poids du balancier convenablement, *Essai sur l'Horlogerie* (n° 2561).

6°. *Examen du mécanisme de compensation.*

628. Une épreuve importante à la justesse de la Montre, c'est celle qui sert à constater les effets de mécanisme de compensation, & à s'assurer qu'aucun mouvement ou agitation ne peuvent le déranger, & que le ressort du pince-spiral est de la force convenable à la puissance de ce mécanisme; voy. ci-devant (n° 530) la règle que l'on doit suivre pour fixer la force de ce ressort, & les effets du mécanisme de compensation.

7°. *Régler la compensation du chaud à du froid.*

629. Enfin la Montre conduite à ce point, il restera à la régler par diverses températures: pour cet effet, il seroit convenable d'avoir une étuve disposée, comme celle représentée; *Traité des Horloges*, Planche XXVI, fig. 1; on doit suivre pour ces épreuves la même méthode que pour les Horloges à Longitude, & sur-tout il faut que la Montre, dans ces épreuves, soit toujours dans la même position en repos, afin de ne pas attribuer à la température, des variations qui pourroient dépendre d'autres causes.

A a

## CHAPITRE III.

*Diverses Observations sur la construction des Montres de poche , relativement au poids du balancier ; à la maniere de régler les Montres , par différentes positions , &c ; &c aux moyens de compensation , pour les effets du chaud & du froid.*

## ARTICLE I.

*Du poids qu'il convient de donner au balancier d'une Montre portative, selon la nature de sa construction , & de ses frottemens.*

630. UNE condition essentielle que l'on doit avoir en vue dans la composition d'une Montre, c'est que le balancier décrive des arcs de même étendue, lorsque la Montre est horizontale ou lorsqu'elle est verticale (a).

Par ce moyen, les vibrations sont nécessairement de même durée, ( en supposant que le balancier est parfaitement d'équilibre ) : or cet état de perfection dans le régulateur dépend de la pesanteur du balancier, de la grosseur de ses pivots, du nombre de ses vibrations.

631. Lorsque les pivots du balancier roulent dans des trous faits en cuivre ou en or, le balancier doit être plus léger, afin d'égaliser les frottemens qui sont naturellement plus grands par la circonférence des pivots que par la pointe.

632. Si les trous sont faits en rubis, ils peuvent supporter un balancier plus pesant.

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 122.

633. Enfin, si le balancier tourne entre des rouleaux comme ceux de mes Horloges à Longitude, le balancier fera beaucoup plus pesant, & cependant il décrira les mêmes arcs dans les deux positions horifontale & verticale; nous allons donner ici le résultat de quelques expériences servant à fixer la puissance du régulateur des Montres portatives.

634. Le balancier de ma première Montre Marine pese 105 grains (a); il a 24 lig. de diamètre, & fait quatre vibrations par secondes; sa pointe rouloit sur un rubis (b) : en cet état les arcs étoient plus petits lorsque la Montre étoit horifontale, que lorsqu'étant verticale le poids du balancier étoit soutenu par les rouleaux, ce qui prouve que la pesanteur du balancier étoit trop grande, & que les frottements par la pointe de l'axe étoient plus grands que ceux par la circonférence; ce balancier ne devoit peser que 50 grains pour égaliser l'étendue des arcs par les diverses positions.

635. Le balancier de ma Montre à Longitude Astronomique portative, pese 33 grains; il a 13 lig. de diamètre, fait 6 vibrations par secondes : dans cette Montre, l'étendue des arcs de vibrations du balancier est la même, soit qu'elle soit horifontale ou verticale, les pivots du balancier tournant entre six rouleaux.

636. Le balancier de ma petite Horloge à Longitude n° 36, pese 27 grains; il fait 6 vibrations par seconde, & il a 20 lig.  $\frac{2}{3}$  de diamètre; les arcs décrits par le balancier sont les mêmes, la Montre étant horifontale ou verticale; l'axe du balancier tourne entre trois rouleaux, & sa pointe roule sur un diamant.

637. Voilà donc des expériences sûres qui fixent la pesanteur qu'il convient de donner au balancier; lorsqu'il se meut sur sa pointe, & qu'il tourne entre des rouleaux.

638. Si le balancier est horifontal, & roule sur sa pointe,

(a) *Traité des Horloges Marines*, pag. 197.

(b) *Idem.*



## 188 DE LA MESURE DU TEMPS.

& qu'il tourne dans des trous, alors il doit avoir beaucoup moins de puissance.

639. Le balancier qui fait quatre vibrations par seconde, & dont les pivots roulent dans des trous faits en rubis, peut peser 18 grains.

640. Si les pivots du balancier roulent dans des trous faits en cuivre ou en or, ces pivots ayant  $\frac{3}{48}$  de lig. alors le balancier battant quatre vibrations par seconde, ne doit peser que 8 à 10 grains.

641. Si le balancier ne fait que deux vibrations par secondes & ses pivots roulant dans des trous en or, sa pesanteur peut-être double de celle du balancier qui fait quatre vibrations par seconde : & j'ai vu par expérience, dans une Montre que j'ai faite en 1763, que les pivots du balancier de cette Montre qui pèse 22 grains & fait deux vibrations par seconde, ne sont pas trop marqués ni les trous gâtés, quoiqu'elle ait marché 23 ans passés ; le balancier de cette Montre a 11 lignes de diamètre, & ses pivots,  $\frac{3}{48}$ .

---

### ARTICLE II.

*De la manière de régler une Montre portative dans ses différentes positions, horizontale, inclinée, &c. par des masses.*

642. Il ne suffit pas de régler une Montre portative dans les positions horizontale & verticale ; il faut de plus, & cela est fort essentiel, la régler de sorte que le plan de la Montre & du balancier restant vertical, le midi soit incliné à droite & à gauche, & même le midi en bas, ou que la Montre étant horizontale, on lui fasse subir diverses

inclinaisons : or pour régler de cette manière une Montre, il faut placer à la circonférence du balancier dans son épaisseur quatre petites masses mises à vis, placées à angle droit l'une de l'autre, deux dans la verticale, & deux dans l'horizontale ; le balancier étant arrêté dans un plan vertical, en approchant ou en éloignant deux de ces masses pour régler la Montre, le midi en haut & ensuite en bas, on se servira des deux autres masses pour régler la Montre, le midi étant à angle droit à droite, & ensuite à angle droit à gauche de la verticale.

---

ARTICLE III.

*De la Relation ou Rapport entre la force motrice & la puissance du régulateur, selon la nature de l'échappement.*

643. J'ai établi dans mon *Essai sur l'Horlogerie*, & dans mon *Traité des Horloges Marines*, la nécessité de donner peu de force motrice, afin d'éviter l'accroissement des frottements de l'échappement ; & ce rapport doit être le plus petit possible lorsque l'échappement est à repos : car si la force motrice est trop considérable, l'augmentation de frottement de l'échappement peut causer de grandes variations dans la marche de la Montre : en sorte que, dans de telles machines, l'étendue des vibrations se trouve nécessairement limitée. Mais il n'en est pas de même avec l'échappement à vibrations libres ; on peut augmenter à volonté l'étendue des vibrations sans que cet excès de force motrice puisse nuire à la justesse de la machine, & c'est encore ici un grand avantage de cet échappement ; ainsi, à tous égards, il mérite la préférence pour toutes les machines qui mesurent le temps, soit Horloges Marines, Montres de poche ou Horloges Astronomiques.

## ARTICLE IV.

*De la Compensation du chaud & du froid dans les Montres de poche.*

644. Le plus grand obstacle qui s'oppose à la constante justesse des Montres vient des frottements des pivots, tant du rouage que du régulateur, des résistances variables des huiles, & des effets du chaud & du froid sur le spiral & sur le balancier : j'ai imaginé deux moyens pour corriger les écarts produits par les différences de la température dans les Montres de poche ; le plus simple paroît être celui des huiles des pivots de balancier ; & c'est celui que j'ai employé dans les Montres ordinaires (a) ; je l'appelle *compensation naturelle*.

Le second moyen est produit par un mécanisme de compensation, pareil à celui que j'ai employé dans mes Horloges Marines, Montres à Longitude ; je l'appelle *compensation artificielle*.

645. Pour faire usage de ces deux sortes de moyens, il faut employer une construction tout-à-fait différente dans les Montres ; car, selon que je l'ai prouvé, *Essai sur l'Horlogerie*, seconde Partie, chap. XXVIII, & que l'expérience l'a confirmé, il faut, pour réduire les effets des frottements des pivots, que le balancier ait une grande quantité de mouvement, les frottements des pivots devenant par-là très-petits, relativement à cette force (b) ; la compensation par les huiles des pivots ne peut alors avoir lieu, enforte qu'avec un tel régulateur, il est de nécessité absolue d'employer un moyen de correction, ou mécanisme de compensation.

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, Chapitre XXX, seconde Partie.

(b) *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2276.

646. Mais si on veut que la compensation se fasse par les résistances des huiles sur les pivots mêmes, dans ce cas, il faut suivre une route tout-à-fait opposée; car si on employoit un grand balancier & une grande force de mouvement, on ne pourroit parvenir à cette compensation.

647. Il faut observer ici, par rapport à la compensation des Montres par les huiles, que deux Montres parfaitement de mêmes dimensions ne feront pas les mêmes écarts du chaud au froid, quoique les pivots de balancier soient de même grosseur (a); la différence de l'acier, de la trempe, & sur-tout la manière dont ils sont tournés & polis, causeront des différences très-sensibles; le pivot le mieux tourné & poli étant parfaitement rond aura moins de frottements, & le froid en retardera moins les vibrations, en sorte que la Montre avancera par le froid: au contraire les pivots mal tournés & mal polis donneront plus de prise aux frottements & aux résistances des huiles par le froid, & la Montre retardera; on ne peut donc absolument & rigoureusement fixer les dimensions de chaque Montre, qu'après l'expérience: il faut changer les dimensions selon le besoin, ce qui rend l'exécution des bonnes Montres infiniment difficile.

648. Enfin je dois encore remarquer que, par cette espèce de compensation des huiles, on ne peut jamais obtenir une si grande exactitude, ni si constamment: car pour cette compensation il faut que le balancier ait peu de force de mouvement, ce qui le rend susceptible des changements qui arrivent par les huiles épaissies. On obtiendra donc une Montre beaucoup plus exacte, en réduisant les frottements & les résistances des huiles à la plus petite quantité, & en donnant au contraire au régulateur la plus grande force de mouvement qu'il peut comporter, & en appliquant comme aux Horloges Marines un mécanisme de compensation.

649. Le principe général que j'ai établi pour mes Hor-

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2295.

## 192 DE LA MESURE DU TEMPS.

loges Marines, fondé sur la théorie & vérifié par l'expérience, c'est que plus la force de mouvement du régulateur augmente & plus les frottements des pivots, & les résistances des huiles diminuent, & les effets du chaud & du froid sont plus sensibles; une telle machine avance plus par le froid, & retarde plus par le chaud: ce principe fondamental est également applicable aux Montres bien exécutées: il faut donc dans une Montre où les frottements sont réduits, & la puissance du régulateur étant grande, appliquer un mécanisme de compensation, pour avoir une machine parfaitement exacte; je vais proposer ici quelques moyens de compensation applicables aux Montres de cette dernière espèce.

### *Description du mécanisme de Compensation du chaud & du froid pour les Montres de poche.*

Planche III, fig. 8.

650. Parmi les divers moyens que j'ai tentés pour obtenir la compensation du chaud & du froid, dans les Montres de poche; celui qui m'a paru le plus simple & le plus commode, est représenté dans la planche III, figure 8. Cette disposition a l'avantage de ne pas augmenter la hauteur de la Montre, parce que la lame composée peut être placée à côté du balancier, ou même dans la cage du rouage.

651. *AA*, est le dehors de la petite platine du rouage de la Montre; *BB*, est la balancier: le spiral *SS* est placé à l'ordinaire sous le balancier, au-dessus du rateau du pince-spiral *ab*; ce rateau doit être à fleurs du dehors de la petite platine *AA*. Il est d'acier & fort mince: *Cc* est le pont ou coq du balancier; il porte le second pont *Dc*, qui sert à donner un assez long tigeon à l'axe de balancier, pour que celui-ci soit placé à égale distance de ses pivots; cette élévation sert en-même tems à loger la lame de compensation,

SECONDE PARTIE, CHAP. III. 193

tion dont le bout *d* est rendu fixe sur le pont à mâchoire *E, d*.

652. La lame de compensation *d, e*, est composée de deux lames minces bien calibrées : l'une est de cuivre, c'est celle qui est en dehors, du côté des lettres *d, f*; l'autre qui est d'acier, est en dedans ; celle-ci doit être trempée comme un ressort, & celle de cuivre doit être parfaitement écrouie : ces deux lames sont fixées ensemble par des chevilles rivées, distantes entr'elles d'environ 2 lig. ; il y a des chevilles ainsi placées dans toute la longueur de la lame composée : ce sont ces chevilles qui obligent la lame à se courber.

653. Si cette lame composée est exposée au froid, la lame de cuivre se raccourcit plus que celle d'acier, enforte que le bout libre *e*, s'écarte du point *g*; si au contraire la Montre est exposée à la chaleur, la lame de cuivre se dilate plus que celle d'acier, & le bout libre *e* de cette lame, se rapproche du point *g*; & c'est ce mouvement de la lame composée qui produit la correction des effets du chaud & du froid, sur la Montre, ainsi qu'il est aisé de le concevoir.

654. Le rateau ou pince-spiral *a, b*, porte en *b* deux chevilles, entre lesquelles passe le spiral *s, s*; l'axe de ce même rateau est mobile sur deux pivots, l'un qui roule dans la platine des piliers, & l'autre dans un trou du pont *F, a*; ce même axe porte fixement le levier *a, g* : c'est sur ce levier qu'agit le bout de la vis *f*, portée par l'extrémité mobile de la lame composée *d, e*. Lors donc que le froid resserre la lame de cuivre, & plus que celle d'acier, le bout *e* s'écarte du point *g*; enforte que le levier *a, g*, qui appuie continuellement contre le bout de la vis, au moyen de l'action du ressort *G, a* suit ce mouvement de la lame composée, & en même-temps, le rateau *b* s'approche du piton *h*, qui fixe le bout du spiral *s*. Ce mouvement du rateau a donc rendu les vibrations du balancier plus lentes, puisque cet effet a rendu le spiral plus long : le contraire eut été produit par la chaleur.

655. D'après ce que je viens de dire, on conçoit

B b

## 194 DE LA MESURE DU TEMPS.

que, pour arriver exactement à la compensation des effets du chaud & du froid, cela dépend du point où la vis  $f$  de la lame, agit sur le levier  $g$ ,  $a$  : plus cette vis agira près du centre  $a$  du levier, plus le chemin parcouru par le rateau  $b$  fera grand, plus les oscillations seront ralenties par le froid; & au contraire, plus cette vis agira loin du centre du levier, moins le rateau  $b$  parcourra de chemin. Pour arriver à la compensation, il n'est donc question que de changer le point  $d$ , par lequel la lame est rendue fixe sur le pont  $E$ , & c'est à quoi sert la mâchoire  $i$ ,  $k$ , qui permet d'allonger ou de raccourcir la lame, & par conséquent de changer le point de contact de la vis  $f$ , sur le levier  $g$ ,  $a$  : cette mâchoire est formée par deux vis  $i$ , qui pressent la plaque  $l$  contre le montant  $k$  du pont  $E$ ,  $k$ . La lame passe juste entre ces deux vis de pression, ce qui rend fixe la partie  $d$  de la lame composée : le pont  $E$ ,  $k$  est attaché à la platine par une vis & deux pieds.

656. Maintenant, pour régler la Montre au plus près, on se sert de la vis  $f$  : on voit qu'en la tournant en avant, on fait avancer la Montre, & retarder, si on la recule.

### *De la compensation du chaud & du froid, par le balancier même.*

657. Parmi les divers moyens que j'ai proposés dans le *Traité des Horloges marines*, pour obtenir la correction du chaud & du froid, on trouve nos 259, 260 & 261, celui de placer à la circonférence du balancier, des masses qui se rapprocheroient du centre par le chaud, & qui s'en écarteroient par le froid, & c'est le premier moyen que j'ai mis en usage : mais je craignis alors que le mécanisme qui produisoit cet effet, ne vint à troubler l'équilibre du balancier, s'il ne donnoit pas rigoureusement la même extension aux masses par diverses températures. (*Traité*

*des Horloges*, n° 259) ; mais depuis, ayant de nouveau examiné cet objet, je vois 1° , que dans une Montre, dont le balancier est horifontal, cette différence ne pourroit causer aucun écart sensible : 2°. Que si la Montre est verticale, & toujours maintenue dans cettte position, les différences qui auroient lieu par le changement d'équilibre, feroient nécessairement partie de la compensation : mais que si on emploie ce moyen dans une Montre qui est tantôt horifontale, & tantôt verticale ; alors il en résulteroit nécessairement des variations que l'on ne pourroit corriger que par un travail long, & par des tâtonnemens que l'on doit éviter. Quoi qu'il en soit, je vais d'abord calculer quel doit être le changement de diamètre d'un balancier donné, ou le déplacement des masses, pour opérer la compensation du chaud & du froid, & je donnerai ici les moyens de produire ce mouvement dans le balancier.

658. Soit le balancier de ma Montre à Longitude portative réduite d'après n° 3, décrite Chap. XII. Ce balancier a 13 lig. de diamètre, & fait 6 vibrations par seconde. Je suppose que, sans correctif, cette Montre avance de 4 minutes en 24 heures, par le froid de *zéro*, & qu'elle est réglée à 27 degrés.

*Trouver la quantité requise pour la compensation absolue.*

659. Le balancier de ma Montre fait 21600 vibrations par heure, & la Montre avance de 10 secondes par heure, par le froid, *zéro* = 60 vibrations. On a la proportion, *Traité des Horloges*, nos 249 & 192.

$21660 : 21600 :: 1300 : x = 1296$  ; c'est-à-dire, que pour obtenir la compensation, le balancier devroit être plus grand par le froid *zéro*, que par 27 degrés, d'environ  $\frac{4}{100}$  de lig.

660. Le calcul que je viens de faire, fait connoître la possibilité d'obtenir la compensation du chaud & du froid, par le balancier même, par un des moyens annoncés, *Traité des Horloges*, & particulièrement en plaçant des lames com-



## 196 DE LA MESURE DU TEMPS.

posées d'acier & de cuivre, à la circonférence du balancier; ces lames portant des masses, se rapprocheroient du centre par le chaud, & s'en écarteroient par le froid, (*Traité des Horloges Marines*, n° 261). Cette méthode présente un avantage essentiel, celui de ne pas changer la longueur du spiral, & par conséquent, de conserver son isochronisme : mais comme je l'ai dit, il est à craindre que cela ne trouble l'équilibre du balancier. Une autre difficulté qui me fit abandonner cette méthode, dès le premier temps de mon travail sur les Horloges Marines, c'est que, pour arriver à la compensation par le balancier même, on ne peut pas employer de moyen pour augmenter ou diminuer, & modifier la compensation à laquelle on ne peut arriver que par un tâtonnement fort long. Car il est certain qu'en supposant que l'on ait obtenu dans une Montre, les dimensions des lames de compensation, & le poids de leurs masses, qui sont propres à la correction des effets du chaud & du froid, ces dimensions ne conviendront plus à une autre Montre, quoiqu'elle soit de la même construction, & que d'ailleurs les dimensions en soient les mêmes; parce qu'il y aura toujours quelques différences dans les frottements; soit par la nature de l'acier des pivots & des trous supposés en rubis, différences qui changeront nécessairement la compensation à laquelle on ne parviendra qu'en changeant le rapport des masses, ce qui expose à de nouveaux tâtonnements assez longs : & ces obstacles n'ont pas lieu en faisant usage du moyen que j'ai adopté. Au reste, j'ai cru devoir présenter ici de nouveau ce moyen, qui pourra être employé par des Artistes patients : & c'est en faveur de ces derniers, que je donne ici une figure qui représente la disposition que l'on peut donner au balancier, pour produire lui-même la correction des effets du chaud & du froid.

*Description d'un balancier, portant sa compensation pour la correction des effets du chaud & du froid.*

PLANCHE III, fig. 9.

661. J'avois proposé, *Traité des Horloges Marines*, n° 261 : un moyen de compensation, en plaçant à la circonférence du balancier, deux masses portées par des lames composées; mais d'après le calcul que j'ai présenté ci-devant, j'ai vu que deux lames ne sont pas suffisantes pour obtenir la compensation, parce que les deux masses qu'elles portent, ne forment pas la totalité de la pesanteur du balancier : ainsi il vaut mieux employer quatre masses & quatre lames.

662. La figure 9, Planche III, représente le balancier à compensation : *a* est l'axe du balancier : *b, c, d, e* sont les 4 masses qui forment le régulateur ou balancier.

663. L'axe *a* de balancier, porte une assiette sur laquelle est attachée par les vis 1, 2, les barettes ou croisées du balancier. *f, g; f, g*, sont ces croisées; à chaque bout *f* des 4 croisées, est fixé par une vis & deux pieds, les petits ponts ou talon *f*; sur chacun de ces ponts, est fixé en *h* la lame de compensation *h, i*.

664. Les lames composées *h, i; h, i*, &c. sont formées chacune par deux lames: l'une, de cuivre, est en dehors, c'est-à-dire, du côté même des lettres *h, i*, & l'autre, d'acier, est en dedans : ces lames sont rivées l'une sur l'autre, par plusieurs rivets placés près les uns des autres (n° 652); ainsi lorsque le balancier est exposé au froid, le bout mobile *i*, se rapproche du centre *a* du balancier, & il s'en écarte par le chaud.

665. Sur chaque bout mobile *i*, des lames de compensation, est fixé une broche d'acier *i, k* : c'est sur le bout de ces broches, que sont attachées les masses *b, c, d, e* du balancier.

## 198 DE LA MESURE DU TEMPS.

666. Chacune des masses porte un canon fendu  $l$ , dont le trou est taraudé pour entrer à vis sur les branches  $i, k$ ;  $i, k$ , &c. Cette disposition des masses, est la même que j'ai employée dans l'Horloge, n° 8. (Voy. *Traité des Horloges Marines*, nos 934 & 937). Elle est également nécessaire pour régler la Montre dans ses diverses positions : & pour régler la Montre, sans augmenter ni diminuer les masses, mais seulement en les rapprochant, ou en les écartant du centre  $a$ .

667. Ce que je viens de dire est suffisant pour donner une idée de cette espèce de compensation produite par le balancier même. Car on conçoit que dans le même-temps, où les oscillations du balancier sont rendues plus lentes par l'action de la chaleur sur le spiral & sur le balancier, la même chaleur agissant sur les lames de compensation, elles se courbent en se rapprochant du centre, & par conséquent aussi les masses qu'elles portent, en sorte que le balancier devient plus petit; effet qui peut produire la compensation, en supposant le rapport convenable dans la longueur & l'épaisseur des lames, dans le poids des masses, &c. avec la quantité d'accélération, ou de ralentissement dans les oscillations du balancier produits par l'action du froid & de la chaleur sur le spiral, & sur le changement de diamètre du balancier.

CHAPITRE IV.

*Notions sur les principes de construction de ma première  
Montre Astronomique, ayant un mécanisme de com-  
pensation pour la correction des effets du chaud & du  
froid.*

668. **L**A plus grande cause des écarts des Montres, vient du chaud & du froid, & rien n'est plus difficile à corriger; car les frottements des pivots de balancier, & la résistance des huiles étant le seul moyen de compensation que l'on puisse obtenir par une voie simple, il est infiniment difficile d'obtenir des frottements qui égalent juste la quantité d'action du chaud & du froid, qui change l'élasticité du ressort spiral : les obstacles augmentent sur-tout à mesure que l'on fait de grands balanciers; & l'on ne parvient à la compensation, par les résistances de frottement & des huiles, qu'en diminuant la quantité de mouvement du régulateur, & augmentant la grosseur des pivots de balancier; & ce qui est le plus capable de rebuter l'Artiste le plus opiniâtre, c'est que souvent il arrive qu'en voulant augmenter le frottement des pivots de balancier & leur résistance, on le diminue : par exemple, si on a une Montre qui, ayant un balancier pesant, retarde par la chaleur, on a la certitude que le frottement des pivots n'est pas assez grand; on croira corriger ce défaut, en employant de plus gros pivots, & cependant le contraire arrive souvent, lors sur-tout que la surface des pivots n'est pas proportionnelle à la masse & à la vitesse du balancier; & dans ce cas, avec des pivots d'un plus grand diamètre, le poids du balancier pénètre moins les pores,

## 200 DE LA MESURE DU TEMPS.

ayant plus de surface. Il n'est donc pas facile de fixer les limites où on doit s'arrêter pour augmenter ou diminuer le frottement qui change encore par la nature de la matière employée, tant pour les pivots que pour les trous.

669. Les mêmes difficultés subsistent, quand on veut changer l'étendue des vibrations, le poids du balancier, &c. Ainsi, quoique le principe fondamental établi soit vrai, on trouve souvent des résultats différents qui sont causés par la variété dans les matières employées pour les pivots & les trous; car avec telle espèce d'acier & de cuivre, les pivots étant des mêmes dimensions, le frottement fera plus grand, & avec d'autres plus petit: d'où l'on voit combien il est difficile d'arriver à cette compensation naturelle dans les Montres; compensation qui d'ailleurs varie selon l'état des huiles & des frottements. Pour donc éviter toutes ces difficultés des Montres, il faut employer pour la correction du chaud & du froid, les mêmes moyens que j'ai adaptés à mes Horloges Marines, & à ma Montre Marine, un mécanisme de correction.

670. Telles sont les observations que je faisois le 17 Mars 1763, en composant ma première Montre Astronomique, laquelle fut exécutée au commencement de 1764: les dessins & la description de cette Montre furent déposés à l'Académie en Août 1764. Voy. *Traité des Horloges Marines*, appendice, pag. 533. Je vendis cette Montre à Londres, en 1766, à M. Pinchebec, qui l'acquit pour le Roi d'Angleterre. Ce qui suit a été écrit dans le même tems, & je donne ces observations, sans y faire de changement.

### *Principes de construction que j'ai suivis dans la Montre Astronomique, exécutée en 1764.*

671. La théorie que j'ai établie pour servir de base à la construction des Horloges Marines, & les expériences  
que

que l'exécution de ces machines m'ont procuré, ne sont pas seulement utiles pour ces Horloges, mais doivent être également appliquées aux Montres de poche, ainsi que j'en formai le projet dès le 17 Mars 1763. Car, même avant ce tems, je pensois à procurer aux Montres la perfection dont elles sont susceptibles: mon but en m'occupant de cette partie, n'a pas été simplement de faire de bonnes Montres pour l'usage ordinaire, mais plutôt de les rendre propres aux observations astronomiques, & sur-tout, pour servir aux navigateurs.

672. On croit communément que les agitations auxquelles les Montres portatives sont exposées, sont cause des écarts de ces machines, & que par cette raison, les Montres de femme sont plus sujettes à varier que d'autres, de même que celles qui sont portées étant à cheval; mais il est démontré par l'expérience, que les Montres passablement bien construites, souffrent très-peu de ces agitations du porté: c'est-là une propriété essentielle du balancier, lors sur-tout qu'il n'est pas trop pesant, que les vibrations sont promptes, & que l'échappement permet des oscillations beaucoup plus étendues, que ne sont celles de levée, & le balancier réglé par le spiral, fait naturellement des oscillations qui seroient toujours isochrones.

673. 1°. Sans les changemens de frottement des pivots, & sans les résistances variables des huiles.

674. 2°. Si la force motrice étant constante, communiquoit toujours la même action au régulateur, en faisant décrire des arcs de même étendue.

675. 3°. Si l'échappement étoit tel que ses frottemens, étant infiniment réduits, restassent constants, en sorte que la résistance que le balancier éprouve par l'action de l'échappement, fût toujours la même.

676. 4°. Si le chaud & le froid ne changeoit pas l'élasticité du ressort spiral, & les dimensions du balancier.

677. 5°. Enfin si le balancier éprouvoit dans son mouvement

C c

toujours la même résistance de la part de l'air dans lequel il se meut.

Voilà les principales causes qui changent l'isochronisme des vibrations du balancier.

678. Je ne rappelle pas ici tous les principes qui ont servi de base à la construction de cette machine ; ce sont les mêmes que j'ai établis dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, depuis le n° 1822, jusqu'à 2090, 2270, &c. dont le précis est qu'il faut réduire les frottements de la Montre le plus qu'il est possible, & donner en même-tems la plus grande puissance au régulateur, & corriger par un mécanisme de compensation les variations de la température, qui sont dès lors très-considérables. *Essai* 1894.

679. J'ai employé dans cette Montre, l'échappement à roue de rencontre, afin d'éviter les frottements qu'entraîne celui à cylindre ; mais en obtenant cet avantage, j'en perdis un autre aussi essentiel, c'est qu'avec l'échappement à roue de rencontre une telle Montre est susceptible des inégalités de la force motrice, des huiles, &c.

*Dimensions de la Montre astronomique à roue de rencontre.*

680. La roue de fusée fait un tour en 4 heures  $\frac{1}{2}$ .

Le balancier a 12 lig. de diamètre.

Il pèse 15 grains.

Il fait quatre vibrations par seconde = 14400 par heure.

La levée de l'échappement est de 40 d.

Le ressort tire 7 gros  $\frac{1}{4}$ .

L'arc de vibration 180 d.

Le balancier sans spiral tire 16 minutes par heure.

Le châssis de compensation est composé de 12 tringles, 6 d'acier, & 6 de cuivre ; sa longueur du dehors au dehors, est de 16 lignes ; sa largeur 5 lig.  $\frac{2}{12}$  ; grosseur des tringles  $\frac{4}{12}$ .

Les deux tringles de cuivre du milieu, sont faillantes en

dehors du chassis , & assemblées par une traverse sur laquelle appuie le talon du levier ; la longueur du levier de compensation est de 8 lignes ; il agit sur le pince spiral à  $\frac{2}{12}$  du centre.

L'intervalle entre les ponts du pince-spiral est de 1 lig.  $\frac{4}{12}$ .

Le balancier à fleur de la platine, le pont, ou coq, est distant de la quantité requise pour le jeu du balancier.

Le spiral passe au-dessus du pont, entre le pont & le coqueret, qui porte le pivot de balancier.

Je ne m'arrête pas plus long-tems sur cette Montre, que je ne considère que comme un premier Essai très-imparfait, & dont je n'ai parlé ici que parce qu'elle est la première Montre de poche à compensation qui ait été faite. Je donnerai ci-après, la construction qui me paroît la plus propre à faire, d'une façon sûre & simple, une bonne Montre de poche. *Voy.* Chapitre VI.

## CHAPITRE V.

*Notion de la deuxième Montre astronomique, ayant un mécanisme de compensation du chaud & du froid (a).*

681. CETTE Montre est à secondes, les heures, les minutes & les secondes sont concentriques au cadran, & disposées comme celles de la Montre à secondes représentée, *Essai sur l'Horlogerie, Planche XXVII.* Toutes les roues du rouage ont des ponts placés sous le cadran, afin de donner plus de longueur aux tigeons, & d'égaliser la pression de

(a) Cette Montre fut commencée en 1766, destinée pour M. le Chevalier de Fleurieu, qui s'en est servi dans le voyage qu'il fit en 1768 & 1769, pour l'épreuve des Horloges Marines, n° 6 & n° 8.



204 *DE LA MESURE DU TEMPS.*

chaque pivot, les roues se trouvant à égales distances de leurs pivots.

682. Le balancier fait quatre vibrations par seconde ; ses pivots tournent dans des trous de rubis, & les pointes sur des diamants ; le balancier est placé à égale distance de ses pivots.

683. L'échappement de cette Montre est celui à cylindre.

684. Le ressort moteur est disposé de sorte qu'il reste trois tours de vuide, lorsque la Montre est remontée, en sorte qu'il n'est jamais dans un état forcé, & qu'il ne peut se rendre ni casser ; & la fusée est très-petite.

685. Cette Montre ne cesse pas de marcher pendant qu'on la remonte ; sa fusée contient un ressort, & le rochet auxiliaire, pareil à celui des Horloges à Longitude.

686. La force motrice n'est que de la quantité requise pour entretenir le mouvement du balancier, lequel arrête au doigt.

687. La compensation du chaud & du froid est produite par une lame composée d'acier & de cuivre, comme dans mes petites Horloges à Longitude.

688. Le balancier est placé à fleur de la petite platine ; le spiral passe au-dessus du coq du balancier.

689. Le piton de spiral est fait comme ceux de mes Horloges Marines, & il s'attache sur le coq, avec une vis.

690. Le pince-spiral, qui est très-petit & fort léger, porte deux bras, l'un qui sert de rateau pour le spiral ; l'autre bras plus long est terminé en pointe : c'est sur ce bras qu'agit le bout d'une vis portée par l'extrémité de la lame composée ; cette vis est portée par une boîte ajustée sur la lame composée ; un foible ressort presse continuellement le bras du pince-spiral, contre la lame ; le bout de ce bras sert d'index, pour indiquer le chemin que la lame fait faire au pince-spiral, lorsqu'elle éprouve diverses températures : le coq porte pour cet effet des divisions qui indiquent le chemin du pince-spiral, pour produire la compensation ; ces mêmes divisions servent à régler la Montre, soit

SECONDE PARTIE, CHAP. V. 205

en se servant de la vis portée par la boîte, ou coulant de la lame de compensation, ou par le pont même sur lequel l'autre bout de la lame est fixé, ce pont pouvant au besoin tourner sur lui-même, comme on le voit Planche III, fig. 7.

691. La boîte portée par le bout libre de la lame composée, sert à trouver le point propre à la compensation; pour cet effet, on l'approche, ou on l'écarte du centre du pince-spiral.

692. Pour ne pas donner trop d'élévation à la Montre, au lieu de rendre, comme dans mes Horloges, le pince-spiral concentrique au balancier, j'ai au contraire placé l'axe du pince-spiral, à côté de l'axe de balancier; mais avec la direction convenable, pour que la portion de cercle que le pince-spiral décrit, suive la courbure du spiral, sans pouvoir gêner le spiral.

*Dimensions de quelques parties de cette Montre.*

693. La platine des piliers a 21 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, la hauteur des piliers 3 lig.  $\frac{1}{3}$ .

Le balancier a 12 lig. de diamètre, il pèse 16 grains.

Les pivots ont 0 lig.  $\frac{3}{48}$ .

Le ressort tire 5 gros  $\frac{1}{2}$ .

La lame composée a 14 lig. de longueur en action.

Sa largeur 1 lig.  $\frac{2}{12}$ .

Son épaisseur est de  $\frac{2}{48}$  lig. acier & cuivre compris.

R E M A R Q U E.

694. Quoique cette Montre n'ait pas été exécutée avec toute la perfection désirable, cependant depuis que j'ai achevé de la rectifier, elle a marché avec beaucoup d'exactitude; mais il manqueroit encore à cette machine un meilleur échapp-

pement que celui à cylindre, & un spiral plus parfait ; c'est pour réunir toutes les propriétés desirables dans une Montre, que j'ai composé la Montre astronomique dont la description sera donnée dans le Chapitre suivant, auquel je renvoie.

---

## CHAPITRE VI.

### *Troisième Montre Astronomique.*

695. LE plan de cette Montre est fait d'après ceux de mes petites Horloges à Longitude, n° XXVII, &c. dont il ne diffère que par le balancier qui n'a pas de rouleaux, les pivots tournant dans des trous à l'ordinaire : cette Montre est à trois cadrans ; le balancier fait 4 vibrations par seconde, l'échappement libre, aiguille 2 battemens par seconde, la compensation du chaud & du froid par la lame composée, le spiral isochrone, &c.

696. Dans une telle Montre, il faut égaliser, autant qu'il est possible, le frottement des deux pivots de balancier ; pour cet effet, il faut que le balancier soit à égale distance de ses pivots, c'est-à-dire, au milieu de la longueur de l'axe : le balancier doit, en conséquence, être à fleur de la petite platine, & le coq doit porter un pont assez élevé pour donner un long *tigeron* ; cette élévation sert, en même-temps, pour placer la lame composée au-dessus du balancier.

697. La lame composée doit être placée dans la verticale de l'axe de balancier, afin que la Montre étant horizontale ou verticale, la pesanteur de la lame ne tende pas à la faire courber, ce qui feroit varier la Montre de la position verticale à l'horizontale.

698. Pour ne pas donner trop de hauteur à la Montre,

& avoir cependant un ressort moteur assez puissant, & qui ne soit pas dans un état forcé, lorsqu'il est monté au haut; on peut percer la seconde platine pour le passage du barillet: on peut en faire autant pour la fusée: leurs pivots feront portés par un pont; le même pont portera le pivot de la roue des heures.

*Description de la Montre Astronomique à trois cadrans.*

PLANCHE III, fig. 6 & 7.

699. La fig. 6, représente le dehors de la platine-cadran; sur cette platine, sont rivés les piliers 1, 2, 3, 4, ce qui forme avec une seconde platine, la cage du rouage: *B* est le barillet; *C* le rochet d'encliquetage du grand ressort: cet encliquetage est placé au dehors de la platine-cadran, ainsi que le cadran *O* des heures, celui *M* de minute, & celui *S* de seconde: *G* est la roue des heures; *a* le pignon porté par le centre de la roue de fusée *F*; ce pignon *a* mène la roue des heures; *e* est le pignon de minute; *H* la roue de minute; *I* la roue moyenne, & *g* son pignon; *K* la roue de seconde, *h* son pignon; *L* la roue d'échappement, & *l* son pignon; *Q, l*, fig. 6 est le pont de cette roue; ce pont est attaché au dedans de la petite platine; *m* est le cercle d'échappement; *q, n*, la détente; *s* son pont; *m, p, q*, le ressort-levée d'échappement porté par le cercle *m*; *P, q*, le pont du pivot supérieur du balancier; *r* le ressort de la détente, *q, n* d'échappement.

700. La Planche III, fig. 7, représente le dehors de la seconde platine du rouage; elle porte le balancier & le mécanisme pour la correction du chaud & du froid.

701. *BB* est la platine; *M* le balancier; *D, E* le pont qui porte en même-tems le balancier & le pince-spiral; la patte *D* est attachée sur la platine: *E* est le pont du

## 208 DE LA MESURE DU TEMPS.

pince-spiral, & *e* le coqueret qui porte le pivot du balancier.

702. Le double pont *D, E* est vu de profil, Planche II, fig. 9 : *D, e* est le premier pont, lequel s'attache sur la platine ; le bout *e* reçoit le pivot, *e* de l'axe, *d, e* du pince-spiral : le pivot *f* de cet axe entre dans le trou fait en *f* au deuxième pont *E, d* ; le bras *b* du pince-spiral, *a, b* est celui sur lequel agit la vis portée par le bout libre de la lame composée : le bras *d* porte la boîte *a, c* fendue en *a* pour le passage du spiral ; c'est le mouvement de cette partie *a* qui se fait autour du spiral qui forme la compensation, en rendant le spiral plus long ou plus court : le coqueret *f* reçoit le pivot de balancier ; l'axe du balancier passe dans le trou de l'axe *d, e* du pince-spiral, cet axe étant formé par un canon ; au-dessus du coqueret *f* qui est de cuivre, doit être placé un rubis, ou un diamant, pour recevoir le bout du pivot de balancier. On doit placer de même un rubis, pour recevoir l'autre pivot du balancier.

703. *a* Planche III, fig. 7, est le pince-spiral, & *b* le levier ou palette sur lequel agit la vis *c* de la lame composée ; *H, b* est cette lame ; & *G, H* le pont à mâchoire sur lequel le bout *G* est fixé par deux vis ; *f, e* est le ressort du pince-spiral.

704. Le spiral doit être placé en dehors & près du balancier : le pont *E* passe au-dessus du spiral ; ainsi le piton *g* doit descendre au-dessous du pont ; pour cet effet ce piton doit porter un talon pour aller gagner la hauteur du spiral ; ce piton peut être disposé comme ceux des petites Horloges à Longitude, & fixé par une vis, & tel est celui de ma deuxième Montre astronomique.

### *Nombres des roues & des pignons de la Montre Astronomique.*

705. La roue de fusée 80 dents, elle engrène dans le pignon de minute de 20.

Le

SECONDE PARTIE, CHAP. VII. 209

Le pignon de renvoi porté par la roue de fusée, 16 dents.

La roue des heures conduite par ce pignon, 48 dents.

Roue de minutes 96 engrène dans le pignon 12 de la roue moyenne.

Roue moyenne 90 engrène dans le pignon 12 de secondes.

Roue de secondes 96 engrène dans le pignon 8 de la roue d'échappement.

Roue d'échappement 10 dents = 240 vibrations par minute, ou 14400 par heure.

---

## CHAPITRE VII.

*Horloge Astronomique, d'une construction fort simple.*

706. **L'**EXACTE Mesure du Temps, par une Horloge astronomique, est particulièrement fondée sur deux articles; 1°. celui de conserver constamment la même étendue dans les arcs décrits par le pendule; 2°. que la compensation du chaud & du froid soit parfaite, & toujours la même : ces deux articles comprennent tout ce qu'on doit réunir, soit dans la composition, soit dans l'exécution.

707. Pour obtenir constamment des arcs de même étendue, cela dépend particulièrement de la grande perfection de la suspension du Pendule, du peu de frottement de l'échappement, & de la réduction des frottements du rouage.

Par rapport à la compensation, il est facile de l'obtenir, au moyen d'un Pendule composé, tel que ceux que j'ai décrits dans l'*Essai sur l'Horlogerie*. Je n'ai rien à ajouter à cet article, je me bornerai à donner ici le plan d'une Horloge astronomique que j'ai construite & exécutée en 1766,

D d

pour M. le Chevalier de Fleurieu ; cette machine conserve depuis ce tems, la même exactitude, & le Pendule décrit toujours la même étendue d'arcs.

708. Le rouage de cette Horloge, est composé de deux platines ; & de quatre roues seulement, y compris celle d'échappement, les heures, les minutes & les secondes ont leurs cadrans particuliers de la même manière que je l'ai pratiqué dans mes grandes Horloges Marines à poids : les pignons sont de même fort nombrés, & faits à l'outil, & les roues arondies à l'outil, ce qui m'a procuré d'excellents engrenages. Elle marche 15 jours sans remonter, au moyen d'un très-petit poids ; cependant le Pendule décrit des arcs de 3 degrés.

709. Le Pendule est composé de 9 tringles, qui forment la compensation du chaud & du froid. Il est suspendu par deux lames de ressort ; disposées de manière à ne pouvoir être cassées dans le transport de l'Horloge, &c.

*Description de l'Horloge Astronomique à trois cadrans.*

P L A N C H E V I I.

710. La figure 1 représente le plan du rouage de l'Horloge ; tracé sur le dehors de la platine des piliers ; cette platine *AA*, sert en même-tems de fausse plaque ou de platine-cadran.

711. La première roue *B* fait un tour en 12 heures ; la tige sur laquelle elle est rivée, porte à frottement le cadran des heures *C* ; les heures paroissent à travers l'ouverture *a*, *b*, faite à la platine cadran *AA*, & elles sont marquées par l'index *c* ; cette roue porte la poulie ponctuée *D*, dont le fond porte des points pour retenir la corde du poids, lequel doit être moufflé : toute cette partie n'est pas représentée ici, étant connue.

712. La poulie de remontoir du poids est attachée au

bas du tambour dans lequel le mouvement est placé : sur cette poulie passe une corde *sans fin*, qui est de soie.

713. La roue des heures *B* engrene dans le pignon *d* de minutes, dont le pivot prolongé porte l'aiguille de minutes ; *E* est le cadran de minutes : le pignon *d* porte la roue *F* de minutes ; elle engrene dans le pignon *e*, qui porte la roue moyenne *G* ; celle-ci engrene dans le pignon de secondes *f*, placé au centre de la cage, le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille des secondes, dont *HH* est le cadran gradué sur la platine-cadran *AA*.

714. Le pignon *f* porte la roue *I*, qui est celle d'échappement ; cette roue est placée en dehors de la seconde platine, & le pivot de ce côté roule dans le pont *K, f*, attaché au-dehors de la seconde platine.

715. L'ancre d'échappement *g, h, i*, est placé en dehors de la seconde platine, à la hauteur de la roue d'échappement *I*, & son pivot de ce côté, est porté par un pont. L'autre pivot roule dans le trou de la platine-cadran *AA*, vers *i*, la tige passant en dehors de la roue de minute.

716. Je n'ai pas marqué ici les dents de la roue d'échappement *I*, ni décrit cet échappement qui est à repos : j'en ai suffisamment traité dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, où cet échappement est représenté en grand, Planche XV, fig. 10, & décrit n° 395.

*Nombres du rouage.*

717. Roue des heures *B*, 240 dents.

Roue de minutes *F*, 160 dents, pignon 20.

Roue moyenne *G*, 150 dents, son pignon 20.

Roue d'échappement *I*, 30 dents, son pignon 20.

718. La figure 2 représente le Pendule composé à baguettes, avec sa suspension & sa lentille, tout monté prêt à marcher : ce Pendule est composé de neuf tringles rondes, cinq d'acier tiré, & quatre de cuivre, aussi tiré à la filière : les bouts des tringles sont ajustés très-justes dans les trous des traverses



212 DE LA MESURE DU TEMPS.

de cuivre, & fixés par des chevilles mises à travers des *traverses* & des tringles; sur la traverse supérieure *A*, à laquelle la suspension est attachée, entrent les bouts *a, a*, des tringles d'acier *a, b*; *a, b*, & y sont attachés par des chevilles: les bouts inférieurs *b, b*, des tringles *a, b*; *a, b*, entrent de la même manière dans la traverse *B*, & y sont fixés par des goupilles; sur la même traverse *B*, entrent les bouts *c, c* des tringles de cuivre *c, d*; *c, d*, & y sont fixés par des chevilles: les bouts supérieurs *d, d* de ces tringles de cuivre entrent dans la traverse *C*, & s'y fixent par des chevilles: dans cette traverse *C*, entrent les bouts supérieurs *e, e* des tringles d'acier *e, f*; *e, f*, & s'y fixent par des goupilles: les bouts inférieurs *f, f* des tringles d'acier *e, f*; *e, f*, entrent dans les trous de la traverse *D*, & y sont fixés par des goupilles; sur cette traverse *D*, entrent les bouts inférieurs *g, g*, des tringles de cuivre *g, h*; *g, h*, & y sont fixés par des chevilles: les bouts supérieurs *h, h* de ces tringles de cuivre entrent dans les trous de la traverse *E*, & s'y fixent par deux chevilles; enfin sur cette même traverse *E*, entre le bout supérieur *i* de la tringle d'acier *i, l*, qui forme le milieu du Pendule, & s'y fixe par une cheville: le bout inférieur *l*, entre dans la pièce *F*, qui traverse la lentille *H*, & la supporte au moyen de l'écrou *G*, qui sert à régler l'Horloge; la pièce *p* est une vis de pression qui empêche l'écrou de tourner: sur la pièce *F*, entre une boîte ou coulant *I*, qui sert à régler l'Horloge au plus près. Pour cet effet, on la fait monter ou descendre selon la longueur *l, o*, qui est graduée, afin de connoître le chemin que l'on fait faire à la boîte.

719. Le bout inférieur *l*, de la tringle d'acier *i, l*, entre dans un trou fait à la pièce *F*, qui porte la lentille, & elle y est fixée par deux broches à tête gaudronnée, lesquelles on peut retirer à volonté, pour séparer la lentille du Pendule, lorsqu'on veut transporter l'Horloge.

720. La fig. 3, représente la suspension du Pendule vue de côté; elle est formée par deux lames de ressort *aa, bb*;

*aa*, *bb*; chaque bout des deux lames est fixé sur une pièce, comme *K* & *L*, fig. 4, traversée par un axe *p, p, q, q*, mobile par des pivots sur les entailles des traverses de suspension *M, M, N, N*, fig. 3 & 4.

721. La traverse supérieure *A* du Pendule vue de profil, fig. 3, porte deux crochets *O*, qui assemblent le Pendule avec la suspension; de sorte qu'on peut séparer le pendule de la suspension, quand on veut transporter l'Horloge: la vis *P* sert à fixer le Pendule avec sa suspension.

722. La fourchette *Q, Q, R, R*, portée par la traverse *M, M*, de suspension, fig. 4, sert à garantir les ressorts de tout accident, en limitant l'extension des lames. Ces mêmes fourchettes sont vues de côté, fig. 3, en *Q, R, Q, R*.

723. Le support de suspension *G, G, N, N*, est formé d'une pièce de cuivre faite en croix; les parties *N, N*, portent les lames *a, a, b, b*, & les bouts *G, G* du support, sont percés à chaque bout d'un trou *H*, pour recevoir les pivots des vis *I, I*; ces vis sont portées par les talons *FF*, fixés à une plaque de cuivre carrée, sur laquelle s'ajuste le mouvement de l'Horloge; cette plaque s'applique contre le mur, & doit être soutenue par un clou à crochet assez solide pour supporter l'Horloge.

724. *A, C, E*, figure 4, sont les trois traverses supérieures du Pendule vu en entier, fig. 2, & *B, D*, les traverses inférieures du même Pendule; les deux bouts du pendule sont vus dans cette figure, dans leur vraie grandeur, tant les traverses que les tringles dont 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6; 7, 7 & 8, sont les chevilles qui fixent les tringles *a, a; b, b*, &c. à ces traverses; *O, O*, sont les crochets portés par la traverse *A*, pour assembler le Pendule avec sa suspension.

725. Le bout *l*, de la tringle d'acier du milieu, est la partie qui doit supporter la lentille, & entrer dans la pièce *F*, fig. 2; dans la figure 4, le bout *l* de la tringle, n'a pu être représenté dans sa vraie longueur.

Cette suspension m'a très-bien réussi; mais j'avoue qu'elle exige un travail assez considérable, & beaucoup de soins:

## 214 DE LA MESURE DU TEMPS.

sans doute, on préférera la suspension à couteau, beaucoup plus simple que celle-ci.

### *Profil du rouage.*

726. Piliers 15 lig. hauteur.

La grande roue des heures éloignée de 8 lig.  $\frac{1}{2}$  de la platine-cadran.

La poulie est attachée au côté de la roue, qui est vers la platine-cadran.

La roue de minutes est placée du côté de la platine-cadran, à 2 lig. de distance.

La roue moyenne est placée du côté de la platine-cadran, à 6 lig.  $\frac{1}{2}$  de distance.

La roue d'échappement est placée en dehors de la cage, à 2 lig. de distance de la seconde platine.

L'ancre d'échappement est placée en dehors de la cage, comme la roue d'échappement.

Le pont de la roue d'échappement a 6 lig. de hauteur.

### *Dimensions du Pendule composé à baguettes.*

727. La longueur du chaffis en dehors des traverses *A*, *B*, fig. 2, est de 30 pouces.

Les traverses ont 6 lig. de largeur, & 5 lig. d'épaisseur.

La distance des verges d'acier extérieures est de 2 pouces 11 lig.

Diamètre des tringles, 3 lig.

La lentille pèse 15 livres.

L'Horloge étant réglée, la distance du centre de la lentille, au point de suspension est de 3 pieds 2 pouces  $\frac{1}{2}$ .

CHAPITRE VIII.

*Horloge Astronomique , Pendule à demi-secondes ,  
première construction.*

728. **L**es grandes Horloges astronomiques, à Pendule composé, battant les secondes, sont d'excellentes machines; mais lorsqu'elles doivent servir pour un observateur qui voyage, elles deviennent embarrassantes, & elles sont exposées à divers accidents: j'ai donc cherché le moyen d'obtenir la même justesse, en employant un Pendule plus court, comme celui à demi-secondes. Je pense que l'Horloge que je propose ici, pourra suppléer celles dont le Pendule bat les secondes.

729. J'ai appliqué à cette Horloge mon échappement lit re à détente; les vibrations du Pendule sont à demi-secondes, ainsi l'aiguille bat les secondes. Le rouage est disposé comme ceux de mes Horloges à Longitude sans cadrature; les heures, les minutes & les secondes sont excentriques; le mouvement composé de cinq roues, y compris celle d'échappement; les dents des roues & des pignons, sont faites à l'outil, de même que dans mes Horloges Marines.

PLANCHE IX.

730. Le régulateur de cette nouvelle Horloge, est formé par un Pendule composé à chassis, exactement de la même construction que celui que j'ai donné dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, représenté Planche XXVII, fig. 1, & décrit nos 1761 & 2008, dont il ne diffère que par les dimensions: dimensions qui sont cependant telles que la compensation du

216 DE LA MESURE DU TEMPS.

chaud & du froid, se fait aussi complètement dans ce Pendule à demi-secondes, que dans le grand Pendule à secondes. J'en donnerai ci-après les dimensions ; la figure même de ce Pendule, est d'ailleurs faite sur les mesures précises qu'il doit avoir.

731. Le châssis d'acier  $a, b, c, d$ , Planche IX, fig. 1, est formé d'une seule pièce avec la fourchette  $x, H$ , dans laquelle est ajustée le couteau qui porte le Pendule :  $e, f; g, i$ , sont deux verges de cuivre, dont les parties  $f, g$ , posent sur la traverse inférieure  $d, e$ , du châssis d'acier ; les bouts supérieurs des mêmes verges, reçoivent les talons du second châssis d'acier  $l, m, n, o : p, q ; r, s$ , sont deux verges de cuivre dont les parties inférieures posent sur la traverse  $n, o$  du second châssis d'acier ;  $t, u$  est une verge d'acier, dont les talons posent sur le bout supérieur  $p, r$  des verges de cuivre,  $p, q ; r, s$  : le bout inférieur  $u$  de la verge d'acier du milieu passe à travers les mortaises des traverses  $n, o$  &  $c, d$  des deux châssis d'acier, & descend jusques en  $y$  ; cette partie est taraudée, & entre dans l'écrou  $z$ , qui porte la lentille  $L$ , au moyen de la fourchette d'acier  $M$ , qui embrasse la lentille, & dont la vis  $i$  la suspend par son centre : la fourchette  $M$ , est attachée par deux vis sous la fourchette de cuivre  $N, N$ , ajustée en coulant sur le bord extérieur du premier châssis d'acier ; la traverse de cuivre  $O$ , attachée aux bras  $N, N$  de la fourchette, maintient tout le bas du Pendule, dont les barres qui le composent peuvent monter & descendre librement : la traverse supérieure  $P$ , sert à contenir de même les bouts des branches à châssis supérieurs du Pendule.

732. Le bas de la lentille,  $L$ , porte en  $Q$  une pièce  $Q, S$ , sur laquelle est ajustée le coulant ou poids  $R, R$ , qui sert à régler l'Horloge au plus près ; la branche  $S, Q$ , étant graduée : le coulant se fixe sur cette branche, au moyen de la vis  $h$ .

733. Le bout  $S$  de la pièce  $Q, S$ , sert d'index pour  
marquer

marquer l'étendue des arcs décrit par le Pendule, au moyen du limbe *T, T*, gradué en degrés du cercle.

734. Les figures 2 & 3, représentent la suspension du Pendule, *A, A*, fig. 2, sont deux ponts qui s'attachent sur la plaque de cuivre *V, V*, fig. 1, vers *a, b*; les pièces *A A*, portent deux vis à pivots, sur lesquelles roulent le support *B, B*, vu en plan, fig. 3; c'est ce support qui porte la gouttière *a, a*, sur laquelle pose l'angle *x* du couteau, fig. 1.

735. La plaque *V, V*, qui porte la suspension & le Pendule doit servir de même à porter le mouvement de l'Horloge, vu fig. 4: cette plaque *V, V* est attachée sur la planche *XX, TT*, dont la partie inférieure porte le limbe *T, T*.

736. Cette Planche *X, X*, & la plaque *V, V* s'attachent contre un mur, au moyen d'un clou à crochet.

737. La fig. 4, représente le mouvement de l'Horloge; *AA* est la platine-cadran, sur laquelle est tracé le rouage: la première roue *B*, fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures mis à frottement sur son axe: les heures sont vues à travers l'ouverture faite à la platine-cadran: l'arbre ou tige de cette roue, porte aussi la poulie du poids. Cette roue a 240 dents, elle engrène dans le pignon de minute *a*; ce pignon a 20 dents, son pivot prolongé porte l'aiguille de minute; *CC* est une portion du cadran de minute; sur l'axe de ce pignon, est rivée la roue *C* de minute; cette roue a 160 dents, elle engrène dans le pignon *b* de la roue moyenne *D*, de 150: celle-ci engrène dans le pignon *e* de secondes; le pivot prolongé de ce pignon, porte l'aiguille de secondes: *EE* est une portion du cadran de secondes: la roue de secondes *E*, a 120 dents, elle engrène dans le pignon *d* de la roue d'échappement *F*; ce pignon a 20 dents; la roue d'échappement a 10 dents. Elle est ici mise en cage, comme toutes les autres roues du rouage; *e, f, g, h*, est la détente d'échappement, dont l'axe *f* est aussi mis en cage; *e* est le bras qui suspend l'action de la roue pendant que le Pendule oscille librement; *g* le bras

E e

## 218 DE LA MESURE DU TEMPS.

droit sur lequel agit la cheville du ressort levée,  $a, a, g$ , porté par le cercle  $G$  d'échappement ; cette portion de cercle  $G$  est fixée en  $H$ , par deux chevilles à la fourchette, qui porte le couteau, comme on le voit en  $H$ , fig. 1 ; & fig. 4 ; le bras  $h$  sert de poids pour ramener la détente ; ce poids tient lieu de ressort.

738. Le mouvement de l'Horloge doit être porté par 4 piliers rivés sur la platine  $VV$ , qui est la même dont on en voit une portion, fig. 1, en  $VV$ .

### *Remarque sur la construction de cette Horloge.*

Par la disposition que j'ai donnée à l'Horloge que je viens de décrire, la roue d'échappement agit immédiatement sur le Pendule, sans l'entremise d'une fourchette : & cela évite le frottement de cette fourchette & de ses deux pivots : mais en revanche, cette machine devient d'une exécution plus difficile, elle occupe plus de place, & est moins commode pour être transportée. Je vais donner un autre moyen pour employer l'échappement libre plus facilement, & plus sûrement dans une Horloge à Pendule.

### *Seconde construction à employer pour cette Horloge Astronomique, avec le Pendule, à demi-secondes, échappement libre.*

739. La fig. 5, Planche IX, représente le dehors de la seconde platine du mouvement, vu fig. 4 : c'est sur cette platine que l'échappement est placé : les cercles ponctués,  $B, C, D, E$  représentent les roues du rouage, fig. 4 ; la roue d'échappement  $F$ , fig. 5, est placée au dehors de la platine, & son pignon va engrener au dedans de la cage de la roue de secondes  $E$ . Le pont  $I$  reçoit le pivot de dehors de

SECONDE PARTIE, CHAP. VIII. 219

la roue d'échappement :  $H$  est le centre de mouvement du cercle d'échappement  $G$  : l'angle du couteau du Pendule, doit être placé exactement à la même hauteur de ce point :  $H, K$  est le pont qui reçoit le pivot de dehors de l'axe du cercle  $G, H$ . L'autre pivot roule dans un trou de la platine-cadran : le cercle  $G$  porte en  $L$  une tige qui répond à l'ouverture qui doit être faite en  $Y$ , fig. 1, à la verge du milieu du Pendule ; cette broche ou fourchette  $L$ , fig. 5, doit se mouvoir par une vis de rappel, pour mettre l'Horloge d'échappement. Voy. la disposition de cette Partie, *Essai sur l'Horlogerie*, Planche III, fig. 7, 8 & 9.

740.  $e, f, g, h$ , est la détente d'échappement mise en cage au dehors de la seconde platine, fig. 5, au moyen du pont  $M$  ;  $f$  est son centre de mouvement ;  $e$  le bras qui suspend l'action de la roue d'échappement  $F$  :  $g$  le bras droit sur lequel agit la cheville du ressort levée  $aa$  ; ce ressort est porté par le cercle d'échappement  $G$  ;  $fh$  le bras du poids  $h$ , qui ramène la détente.

741. La construction que je viens de donner à l'échappement libre, appliqué à une Horloge à Pendule, est la même que celle employée dans mes Horloges à Longitude, & l'exécution doit être faite de la même manière qu'elle est détaillée première Partie, Chapitre IV ; ce qui me dispense d'en répéter les opérations.

742. Quoique cette Horloge commencée depuis fort long-temps, ne soit pas encore terminée, je suis certain, qu'étant bien exécutée, on obtiendra une justesse égale à celle des grandes Horloges, dont le Pendule bat les secondes.



## C H A P I T R E IX.

*Horloge astronomique allant 42 jours sans être remontée ;  
Pendule composé à chassis , à demi-secondes , échappement  
à vibration libres , aiguille battant les secondes.*

*De la disposition qu'il faut donner à cette Horloge , pour  
la faire marcher 42 jours sans la remonter.*

743. **L'**HORLOGE que je viens de décrire dans le Chapitre VIII , ne peut marcher qu'environ 15 jours sans être remontée , étant placée à la hauteur convenable , pour que le cadran soit bien en vue ; mais en ajoutant une roue de plus au rouage , & un pignon , la même machine pourra marcher 42 jours sans être remontée , & comme cela est beaucoup plus commode , je vais donner les dimensions convenables.

744. Au lieu de la poulie placée sur la roue des heures *B*, Planche IX, fig. 4, il faut que l'axe de cette roue porte un pignon de 20 dents du diamètre de 5 lig.  $\frac{5}{12}$ , & la roue que l'on ajoutera , portera la poulie ou cylindre du poids : cette roue ayant 120 dents devra avoir 32 lignes  $\frac{1}{2}$  de diamètre : elle fera un tour pendant que celle *B* des heures en fera 6 : donc la roue de cylindre ou de poulie fera un tour en 3 jours , puisque la roue des heures *B* fait un tour en 12 heures : & pour que l'Horloge marche 42 jours sans être remontée , la roue de cylindre devra faire 14 tours.

745. Le centre du cadran de l'Horloge étant placé à la hauteur de 5 pieds 6 pouces , la plus convenable pour être bien en vue , la descente du poids ne peut être que

SECONDE PARTIE, CHAP. IX. 221

de 4 pieds : le restant est employé pour la longueur du poids, de la poulie, & de la poulie de remontoir qui doit être au bas de la cage.

746. Le poids étant moufflé ainsi que cela doit être, c'est comme si on doubloit la descente du poids, puisque la longueur de la corde devient double; on a donc deux fois 4 pieds de corde, ou 96 pouces employés dans l'espace de 42 jours : ce qui produit 14 révolutions de la roue de cylindre. Ainsi, en divisant la longueur de 96 pouces de la corde, par 14 révolutions de la première roue, on a 6 pouces  $\frac{6}{7} = 6$  pouces 10 lig.  $\frac{2}{7} = 82$  lig.  $\frac{2}{7}$  pour la circonférence que doit avoir la poulie ou cylindre de la première roue du rouage.

747. Pour trouver le diamètre du cylindre, on fera la proportion suivante.

355 (a) : 113 ::  $80 \frac{2}{7} : x = 25 \frac{197}{355}$  lig.; en faisant le produit des termes extrêmes de la proportion, & divisant par le terme moyen, on a le diamètre cherché.

$$\begin{array}{r}
 113 \\
 80 \frac{2}{7} \\
 \hline
 9040 \\
 32 \\
 9072 \quad 355 \\
 \hline
 1972 \quad 25 \frac{197}{355} \\
 197
 \end{array}$$

Le calcul fait, on trouve  $25 \text{ lig. } \frac{197}{355}$ , pour le diamètre cherché, qui est celui du cylindre, ou de la poulie pour la corde du poids.

748. Au lieu d'employer un cylindre canelé, placé sur

(a) Les Géomètres ont fixé le rapport très-approchant du diamètre d'un cercle à sa circonférence, par les nombres que nous employons ici; savoir comme 113 est à 355, ou comme 1 est à 3,1416.

## 222 DE LA MESURE DU TEMPS.

la première roue, pour la corde du poids, il fera peut-être plus simple de se servir d'une poulie & d'un contre-poids, parce qu'avec cette disposition l'Horloge ne cesse pas de marcher pendant qu'on la remonte.

### R E M A R Q U E I.

Je terminerai cet article, en observant que la disposition que je viens d'indiquer, peut être également employée à l'Horloge astronomique décrite dans le Chapitre précédent, & avec les mêmes dimensions données ci-dessus.

### R E M A R Q U E I I.

749. Je dois observer ici que la poulie devrait être tenue un peu plus petite que ne le donne le calcul, parce que la grosseur de la corde du poids augmente la grandeur de la poulie; car si cette corde a deux lignes de grosseur, elle augmente le rayon de la poulie d'une ligne, & par conséquent son diamètre de deux lignes. Mais dans l'élévation à laquelle nous avons placé le centre du cadran, la descente du poids doit avoir plus que les 4 pieds que nous avons supposés pour la descente du poids: ainsi la poulie peut avoir 25 lig. de diamètre.

750. Mais si on étoit borné à une mesure précise pour la descente du poids, & que l'on voulût l'employer rigoureusement; alors il seroit nécessaire de soustraire de son diamètre, deux fois la demi-grosseur de la corde: c'est-à-dire, que le diamètre de la poulie devrait être plus petit de la quantité du diamètre même de la corde du poids.

751. Les détails que je donne ici sont faits en faveur des ouvriers qui n'ont aucune connoissance des principes qui doivent les diriger, lorsqu'ils exécutent des Pendules à secondes, dont les dimensions ne leur ont pas été fixées; & il est important pour la perfection de ces ma-

chines, de ne pas perdre les avantages que procure la plus grande descente du poids, ce qui détermine toujours, comme nous l'avons vu, les autres conditions de la machine.

*Description de l'Horloge Astronomique.*

P L A N C H E X.

752. Je m'étois d'abord proposé de donner seulement une notion de cette Horloge ; mais depuis que je me suis occupé de son exécution, j'ai vu que pour en faciliter l'intelligence, il étoit nécessaire de donner un nouveau plan, avec la disposition du mouvement destiné pour la faire marcher 42 jours : & d'ailleurs, pour mieux en concevoir la construction, j'ai jugé qu'il falloit donner le profil de l'Horloge rassemblée : j'en ai en conséquence fait les dessins que j'ai fait graver. Je m'y suis déterminé d'autant plus volontiers, qu'il m'a paru que cette Horloge astronomique, présente plusieurs avantages : 1°. de pouvoir être transportée facilement, à cause de son peu de volume : 2°. d'avoir un échappement qui a très-peu de frottement : 3°. de pouvoir marcher long-temps sans être remontée ; indépendamment de ces avantages, je pense qu'elle sera encore utile en présentant de nouveaux moyens de construction.

753. La Planche X, fig. 1, représente le profil de cette Horloge, qui est composée de trois platines de même grandeur de figures quarrées : ces platines forment deux cages qui contiennent ou supportent toute la machine ; la platine *A, A*, doit avoir le double de l'épaisseur des autres platines, parce que c'est elle qui soutient toute l'Horloge, Pendule, poids & rouage : cette platine *A, A*, doit être attachée par 4 fortes vis sur une planche en bois de noyer d'un pouce d'épaisseur ; cette planche doit être elle-même fixée solidement contre un mur, par un clou à crochet, &c.

## 224 DE LA MESURE DU TEMPS.

le bas de la planche porte le timbre  $T, T$ , vu en plan, ( Planche IX, fig. 1 ). Sur la platine  $A, A$  ( Planche X ) fig. 1, sont rivés 4 piliers solides  $B, B$ , vus en plan, fig. 2. Ces 4 piliers sont assemblés avec la seconde platine  $C, C$ , & servent de support à la cage du rouage & du poids moteur. La troisième platine  $D, D$ , porte 4 piliers qui assemblés avec la seconde  $C, C$ , forme la cage du rouage.

754. La première roue  $E, E$  du rouage, porte la poulie  $F, F$  sur laquelle passe la corde qui soutient le poids moteur  $I$ ; cette corde passe sous la poulie  $G$ , remonte sur celle  $H, H$  de remontoir, & va ensuite sur une troisième poulie, qui porte le contre-poids, vu ( fig. 2 ); la poulie de remontoir  $H$ , porte le rochet d'incliquetage  $X, X$ ; l'un & l'autre sont placés en dehors de la platine des piliers, & tourne sur une forte broche d'acier attachée à cette platine.

755. La roue  $E, E$  engrene dans le pignon  $a, E$ ; sur l'axe de ce pignon, est rivée la roue des heures  $K, K$ ;  $L, L$  est le cadran des heures, rivé sur un canon qui entre à frottement sur l'axe du pignon  $a$ .

756. La roue des heures  $K, K$  engrene dans le pignon de minutes, dont l'axe prolongé porte le pivot  $b$ , sur lequel s'ajuste l'aiguille des minutes : le pignon de minute, ne peut être vu dans le profil, parce qu'il est derrière l'affiette de la roue des heures, qui se trouve dans la même direction du pignon. ( Voy. fig. 2 ); l'axe du pignon de minutes, porte la roue  $M, M$  de minutes, dont  $c, c$  est l'affiette.

757. La roue de minutes  $M, M$ , engrene dans le pignon  $d$ , dont l'axe porte la roue moyenne  $N, N$ . Celle-ci engrene dans le pignon  $e$  de secondes; le pivot prolongé  $f$  de son axe, porte l'aiguille des secondes; l'axe du pignon  $e$ , porte la roue  $O, O$  placée au dehors de la cage du rouage, & dont le pivot roule dans le trou du pont  $g, g$  attaché par une vis & deux pieds sur le dehors de la platine  $C, C$ .

758. La roue de secondes  $O, O$ , engrene dans le pignon

gnon  $h$  qui porte la roue d'échappement  $P, P$ . Cette roue est mise en cage, au moyen de la platine  $C, C$ , & du pont  $i, k$  attaché par une vis, & deux pieds sur le dehors de la seconde platine du rouage.

759. La roue  $P, P$  communique son action au cercle d'échappement  $Q$ , mobile en  $l$  : le pivot  $l$  de l'axe du cercle d'échappement tourne dans le trou du pont  $m$  : ce pont est attaché par une vis & deux pieds sur le dehors de la seconde platine  $C, C$  du rouage, & le pivot  $n$  du même axe, tourne dans le trou fait à la platine  $D, D$  des piliers du rouage.

760. La détente d'échappement  $o, p, q$ , est mise en cage en dehors de la seconde platine  $C, C$  du rouage, au moyen du pont  $r, S$ , attaché à cette platine par une vis & deux pieds :  $p$  est l'axe de la détente,  $o$  le talon qui suspend l'action de la roue d'échappement  $P$ ; &  $q$  le bras de cette détente qui est élevée par la cheville  $t$  de la *levée-ressort* attachée sur le cercle d'échappement  $Q$ . (Voy. Planche IX, fig. 5, le plan de l'échappement, & Planche X, fig. 2).

761. Le cercle d'échappement  $Q$ , porte la tige  $u$ , la quelle sert à communiquer au Pendule  $R$ , l'impulsion du moteur transmise à l'échappement, pour entretenir le mouvement du régulateur ou Pendule.

762. Le Pendule composé représenté en plan, Planche IX, fig. 1, est vu de profil, Planche X, fig. 3; c'est le même Pendule qui est appliqué à l'Horloge astronomique, vue de profil, Planche X, fig. 1. On n'a pas pu représenter dans cette figure, le Pendule en entier :  $R$  représente une partie de la verge, dont  $S, S$  est le couteau sur lequel se meut le Pendule; le couteau  $S$  pose dans le fond de la rainure du support  $T, T$ , mobile en  $U$ , sur deux vis diamétralement opposées. Ce mouvement du support sert à faire reprendre au pendule son à *plomb* : la vis  $U$  est portée par un pont  $V, V$ , dont la patte est fixée par une vis & deux pieds sur la première platine  $A, A$  : la fig. 2, Planche IX,

F f

226 DE LA MESURE DU TEMPS.

représente la disposition du support & de ses ponts, & la fig. 3 de la même Planche, représente le support vu en plan.

763. La figure 3, Planche X, représente le Pendule, vu de profil : *H* est la partie du chaffis d'acier, sur laquelle est fixé le couteau *S*; *b* le haut du chaffis, *P* les traverses de cuivre qui contiennent les bouts supérieurs des barres du Pendule, *O* les traverses attachées sur la fourchette *N* de cuivre, pour contenir les bouts inférieurs des barres du Pendule; *M, M* la fourchette d'acier qui embrasse la lentille *L*, fixée à cette fourchette par la vis *I*; *R, Q, S* la pièce attachée au bas de la lentille, pour porter le poids, *R, R*, servant à régler l'Horloge au plus près : voy. ci-devant (n° 731), la description du Pendule composé à chaffis à demi-secondes.

764. La fig. 2, Planche X, représente le plan de l'Horloge, tracé sur le dehors de la troisième platine-cadran *D, D*, ou des piliers du rouage.

765. *E, E* est la première roue du rouage, sur laquelle est attachée par deux vis la poulie *F, F* du poids moteur. Cette roue a 120 dents & 32 lignes  $\frac{1}{2}$  de diamètre; elle engrene dans le pignon *a*, qui a 20 dents & 5 lignes  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre; sur l'axe de ce pignon est fixée la roue des heures.

766. La roue des heures *K, K*, a 240 dents & 29 lig. de diamètre; elle engrene dans le pignon *b* de minute; ce pignon a 20 dents & 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre. Il porte la roue de minutes.

767. La roue de minutes *M, M* a 160 dents & 19 lig.  $\frac{4}{12}$  de diamètre; elle engrene dans le pignon *d* de la roue moyenne; ce pignon a 20 dents & 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre.

768. La roue moyenne *N, N* a 150 dents & 18 lig.  $\frac{3}{12}$  de diamètre; elle engrene dans le pignon *e* de 20 dents & 2 lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre; l'axe de ce pignon porte la roue de secondes.

769. La roue  $O$ ,  $O$  de secondes, a 120 dents & 14 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, elle engrene dans le pignon  $h$  de 20 dents & deux lig.  $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$  de diamètre : l'axe de ce pignon porte la roue d'échappement;  $g$ ,  $d$  est le pont de la roue de secondes.

770. La roue  $P$ ,  $P$  est celle d'échappement; elle a 10 dents & 12 lig. de diamètre;  $i$ ,  $k$  est le pont de cette roue.

$o$ ,  $p$ ,  $q$  est la détente d'échappement;  $r$ ,  $s$  le pont de la détente dont  $p$  est le centre de mouvement; l'axe de cette détente doit porter le bras  $g$  qui tient lieu de ressort pour la faire retomber. Voy. Planche IX, fig. 5, & ci-devant n° 737.

771.  $l$ ,  $Q$  est le cercle d'échappement, dont le centre de mouvement est en  $l$ ;  $l$ ,  $m$  est le pont de l'axe du cercle  $Q$ ,  $l$ .

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails sur cet échappement; on peut voir les effets & la construction de l'échappement à vibrations libres, décrit Chapitre IV, n° 82 & suivant.

772.  $H$  est la poulie de remontoir du poids; elle est fixée sur un canon qui roule sur une broche d'acier portée par le dehors de la platine-cadran  $D$ ,  $D$ : à l'autre bout du même canon, est fixé le rochet  $X$ ,  $X$  d'encliquetage;  $x$  est le cliquet, &  $y$ ,  $x$  le ressort: le fond de la poulie  $H$ ,  $H$ , doit être garni de pointes de même que la poulie  $F$  du poids: la corde qui passe sur ces deux poulies, doit être faite de soie, comme cela se pratique dans cette sorte de disposition, & on fait que cette corde est rejointe par les deux bouts, pour former une corde *sans fin*:  $G$  est la poulie qui soutient le poids moteur  $I$ , &  $Y$  la poulie du contre-poids  $Z$ .

773.  $L$ ,  $L$  est la portion du cadran des heures, qui paroît à travers l'ouverture faite à la platine-cadran  $D$ ,  $D$ , pour voir les heures;  $v$ , l'index porté par la platine.

F f 2



## 228 DE LA MESURE DU TEMPS.

1, 2, 3, 4 font les quatres piliers portés par la platine-cadran *D, D*; *C, D*, fig. 1, représentent deux de ces piliers.

774. 5, 6, 7, 8, font les quatres piliers portés par la platine de suspension, & qui servent à porter la cage du rouage : *B, B*, fig. 1, représente un de ces piliers.

775. Les pignons de cette Horloge, font fendus sur la machine à fendre, & arrondis à l'outil, de même que les roues, c'est-à-dire de la même manière que font exécutés les pignons & les roues de mes Horloges à Longitude.

---

## C H A P I T R E X.

*Du Pendule à demi-seconde, composé avec des tringles pour la correction des effets du chaud & du froid; & la méthode d'en fixer les dimensions par le calcul; celle de vérifier ces sortes de Pendules, par des épreuves sûres.*

1°. *Disposition du Pendule à demi-seconde, composé avec des tringles.*

776. **L**E Pendule composé à chassis que j'ai décrit ci-devant, n° 731, lequel est représenté, Planche IX, fig. 1, & qui est vu de profil, Planche X, fig. 3, est construit de manière à remplir parfaitement ses effets, & ses dimensions sont données pour opérer complètement la compensation des effets du chaud & du froid; mais ce Pendule exige une très-grande précision dans son exécution, & un travail assez considérable, enforte que par-là, il ne peut pas

être facilement exécuté par des ouvriers ordinaires en Pendule.

C'est pour éviter les difficultés de son exécution, que je conseille à ces derniers d'exécuter préférablement le Pendule composé à baguette, qui est plus simple & plus facile à travailler, & c'est en leur faveur que je vais donner la disposition & les dimensions de ce Pendule, telles que je les ai souvent employées.

777. La disposition des tringles d'acier & de cuivre, qui doivent former la compensation, doit être la même dans le Pendule à demi-secondes, que pour celui qui bat les secondes, ainsi ces deux Pendules ne diffèrent que par leurs dimensions : c'est par cette raison que je me suis dispensé de représenter de nouveau le Pendule à demi-secondes. La fig. 2, Planche VIII, qui représente le Pendule à seconde, peut également servir à diriger l'exécution du Pendule à demi-secondes à tringle : mais nous devons observer ici que dans le Pendule à demi-secondes, on ne peut pas employer facilement la suspension à ressort, comme on le fait pour le Pendule à seconde, Planche VIII, parce que la longueur du ressort de suspension obligerait d'entailler la lentille encore plus qu'elle ne l'est pour le Pendule à demi-secondes à chassis, vu Planche IX, fig. 1. Il faut donc appliquer la suspension à couteau, qui est d'ailleurs préférable pour les courts Pendules : & pour avoir encore plus de facilité à employer les dimensions requises pour la compensation dans le *chassis à tringles*, sans trop entailler la lentille, & par conséquent, pour ménager son ajustement, il faut que l'angle du couteau de suspension descende jusques au milieu de la traverse supérieure du chassis ; c'est-à-dire, qu'il soit au niveau des chevilles *a, a* de la traverse *A*, Planche VIII, fig. 2.

778. Dans le Pendule composé à chassis à demi-secondes, représenté Planche IX, fig. 1, j'ai suspendu la lentille par son centre, & c'est un avantage, puisque les dilatations du cuivre dont cette lentille est formée, & celles du plomb dont elle est

230 *DE LA MESURE DU TEMPS.*

est remplie, ne peuvent pas altérer la compensation (a), mais cette construction qui est très-bonne, exige trop de travail, enforte que pour l'éviter dans les Pendules composés à tringles, j'ai ajusté tout simplement la lentille, comme on le fait ordinairement sur un quarré dont le bout inférieur est taraudé pour recevoir l'écrou qui sert à régler l'Horloge, de la manière qu'on le voit, Planche VIII, fig. 2, & cette méthode est suffisante pour les Horloges à demi seconde, dans lesquelles on n'exige pas la précision la plus rigoureuse.

*Dimensions du Pendule composé à tringles à demi-secondes.*

Planche VIII, fig. 2.

779. La longueur du chassis à tringles, doit être de 8 pouces, depuis le dehors de la traverse *A*, jusques au dehors de la traverse *B*, qui forme le premier chassis.

La largeur des traverses *A*, *B* doit être de  $2 \frac{1}{2}$  lignes chacune; chaque traverse *C*, *D*, *E* doit avoir 2 lig. de largeur.

780. L'intervale entre les traverses *A*, *C*; *C*, *E*; *D*, *B* doit être d'environ  $\frac{1}{3}$  de ligne.

781. La largeur du chassis prise du dehors des tringles d'acier *b*, *b*, doit être de 18 lignes.

782. La grosseur des tringles d'acier & de cuivre, doit être de  $1 \frac{1}{2}$  ligne.

783. Le diamètre de la lentille, doit être de quatre pouces; son épaisseur au centre 16 lignes.

784. L'angle du couteau doit descendre jusques au milieu de la traverse *A*.

(a) Voy, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2015.

*Dimensions du Pendule composé à chassis à demi-secondes.*

Planche IX, fig. 1.

785. Le chassis d'acier extérieur *a, b, c, d* a de longueur, depuis le dehors de la traverse *a, b*, au dehors de la traverse *c, d*, 8 pouces 3 lignes.

786. Le même chassis a en dedans 7 pouces  $10\frac{1}{2}$  lignes.

787. Largeur de ce premier chassis d'acier 18 lignes; il est composé de 9 montants ou barres de 2 lignes chacune de largeur.

788. Le second chassis d'acier a de longueur en dehors 7 pouces 10 lignes.

789. L'épaisseur des chassis d'acier, & des barres de cuivre est de  $1\frac{6}{12}$  lignes.

790. Largeur de la traverse *a, b*, 3 lignes; la traverse d'en-bas *c, d* a  $2\frac{1}{2}$  lignes.

791. La distance du dessous de la fourchette de cuivre *N, N*, au centre de la lentille, est de 10 lignes.

792. La distance de l'angle du couteau au centre de la lentille, est de 9 pouces 3 lignes.

793. Le diamètre de la lentille est de 4 pouces; son épaisseur 16 lignes.

2°. *Méthode de calcul pour déterminer les dimensions du Pendule, pour la compensation des effets du chaud & du froid.*

794. Lorsque l'on exécute pour la première fois un Pendule composé, dont les vibrations diffèrent, d'un autre Pendule déjà déterminé, il faut, avant de travailler à son exécution, faire le calcul de ses dimensions, d'après les règles que nous avons établies, *Essai sur l'Horlogerie*, n<sup>os</sup>

## 22 DE LA MESURE DU TEMPS.

1749, 1754 & n° 1765; & c'est ainsi que j'en ai usé pour le Pendule à demi-secondes à chassis, représenté Planche IX, figure 1; mais j'ai augmenté à dessein la longueur du chassis, plus que le calcul ne le donnoit, afin d'avoir la facilité d'arriver à une exacte compensation, en diminuant au besoin la longueur des verges intérieures: nous allons vérifier de nouveau par le calcul, les dimensions du Pendule, afin de connoître si la compensation du chaud & du froid doit être complète.

*De la Mesure des diverses parties du Pendule que l'on doit faire entrer dans le calcul.*

795. La dilatation du chassis d'acier extérieur  $a, b, c, d$ , Planche IX, fig. 1, doit se compter depuis l'angle du couteau, jusques au dedans de la traverse inférieure  $c, d$  de ce chassis sur laquelle posent les regles ou montans de cuivre  $f, h$ : cette distance est ici de 7 pouces 11 lig.  $\frac{1}{2}$  =

95  $\frac{1}{2}$  lig.

796. La dilatation du second chassis d'acier doit se compter depuis le dessus de la traverse inférieure  $n, o$  sur laquelle posent les regles  $q, s$  de cuivre, jusques au point de contact du bout supérieur de ce chassis d'acier, sur les bouts  $e, i$  des verges de cuivre: cette distance est de 7 pouces 6 lig. =

90 lig.

797. La longueur de la troisième verge d'acier, dont la dilatation doit être comprise dans le calcul, doit être mesurée depuis le centre de la lentille, jusques au point de contact de cette verge sur le bout supérieur des regles de cuivre  $p, r$ , sur lesquelles elle pose, & il faut supposer, pour avoir cette mesure, que le centre de la len-

tille

tille est distant de l'angle du couteau, de 9 pouces 4 lignes, qui est à peu près la vraie longueur du Pendule composé, lorsque l'Horloge est réglée; d'après cela, je trouve que la longueur; de la troisième règle d'acier  $t, x, y$  est de 8 pouces 9 lignes =

105 lig.

La somme de ces trois quantités, ou des verges d'acier, est de

290  $\frac{1}{2}$  lig.

798. Les règles de cuivre  $e, f; g, i$ , ont 7 pouces 8 lig. =

92 lig.

799. Les règles de cuivre  $p, q, r, s$ , ont 7 pouces trois lig. de longueur =

87 lig.

Somme des verges de cuivre

179 lig.

800. J'ai prouvé, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1749, que pour la compensation, les longueurs des verges d'acier, doivent être aux longueurs des verges de cuivre, comme la dilatation du cuivre est à la dilatation de l'acier :

801. On a donc la proportion,

290  $\frac{1}{2}$  lig. acier : 179 lig. cuivre :: 121 dilatation cuivre : 74 dilatation acier.

74	179
1160	1089
2030	847
37	121
21497	21659

802. En faisant comme ci-dessus, le produit des termes extrêmes, & des termes moyens de la proportion, on trouve que 121, dilatation du cuivre, multiplié par 179, longueur des verges de cuivre, donne un produit plus grand que celui de 74, dilatation de l'acier, multiplié par les longueurs 190  $\frac{1}{2}$  lignes des verges d'acier : ce qui prouve que la compensation fera trop forte; il faut donc raccourcir les deux verges ou règles  $p, q$  &  $r, s$  de cuivre, & raccourcir éga-

G g

## 234 DE LA MESURE DU TEMPS.

lement la verge d'acier  $t, y$  vers  $z$ . Nous supposons ici que l'on a raccourci les unes & les autres de deux lignes. On aura  $288 \frac{1}{2}$  lig. pour les longueurs des verges d'acier, & 177 lig. pour les verges de cuivre.

803. On aura donc la proportion  
 $288 \frac{1}{2} : 177 :: 121 : 74$ .

Multipliant les termes, on a pour produit de l'acier 21349, & pour le produit du cuivre 21417.

804. Ce dernier est encore trop grand, & on trouvera qu'en diminuant encore d'une ligne les verges de cuivre, & d'autant celle d'acier, la compensation sera très-approchante.

805. On peut donc en allant ainsi de proche en proche, fixer exactement les dimensions d'un Pendule composé, afin d'obtenir une exacte compensation des effets du chaud & du froid : & sans recourir à la formule du n° 1765 de l'*Essai sur l'Horlogerie*, qui, quoique plus directe & plus courte, paroîtra plus difficile pour les personnes qui ne sont pas exercés à ces fortes de calculs.

3°. *De la manière de faire les épreuves d'un Pendule composé à demi-secondes, pour connoître si la compensation du chaud & du froid est exacte.*

806. Les dimensions & le calcul que je viens de donner, sont faites d'après le Pendule même que j'ai fait exécuter pour être employé à l'Horloge astronomique, que j'ai décrit ci-devant, n° 731. On voit par ce calcul, que la compensation des effets du chaud, doit être complète, en supposant cependant que les dilatations du cuivre & de l'acier, dont ce Pendule est formé, sont les mêmes que celles des branches d'acier & de cuivre, qui ont servi aux épreuves rapportées *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1765, qui ont donné le rapport de la dilatation de l'acier à celle du cuivre, comme 74 à 121.

807. Pour donc s'assurer que la compensation est exacte, il est nécessaire de placer ce nouveau Pendule sur un *Pyromètre* de la même manière que je l'ai pratiqué pour le Pendule composé à secondes. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2021, & la description du pyromètre, n° 1671 & suivant de l'*Essai* : Mais comme cet instrument est de nature à n'être pas entre les mains des artistes qui peuvent en avoir besoin (a) : je vais proposer un moyen simple pour faire les épreuves du chaud & du froid, avec des Pendules composés à demi-secondes, ainsi que des Pendules plus courts.

808. La méthode que je me propose d'employer pour connoître si le Pendule produit exactement la correction du chaud & du froid, est la même que j'emploie pour mes *Horloges Marines* ; c'est de placer l'Horloge astronomique, lorsqu'elle sera entièrement terminée dans une étuve : & en faisant passer l'Horloge par divers degrés de température ; on jugera par sa marche, comparée au temps d'une bonne Pendule à secondes, qui reste dans la même température ; qu'elles sont les différences qui ont lieu par le chaud & par le froid.

809. Pour faire ces épreuves, il faut que l'Horloge astronomique soit fixée solidement contre un mur, & fermée par une boîte ou étuve qui contienne seulement l'Horloge & son Pendule : on fera passer dans cette boîte d'épreuve, des tuyaux en ferblanc, dont les bouts inférieurs recevront la chaleur des deux lampes, placées en dehors de la boîte, afin que la fumée de ces lampes n'entre pas dans l'étuve.

810. Pour ne pas confondre les variations produites par la chaleur ou par le froid, sur le Pendule, avec les changemens produits sur les huiles & frottement du rouage, il faut avoir soin que les arcs que le Pendule décrit soient de même étendue par le chaud & par le froid, & il est facile

(a) Parce qu'un pyromètre doit être exécuté avec de très-grands soins, & que par-là il exige beaucoup de dépense, & cet instrument doit avoir d'autant plus de précision, qu'il sert à de plus courts Pendules : car dans le Pendule à demi-secondes, une différence de  $\frac{1}{400}$  de ligne, produit une erreur d'une seconde en 24 heures ; c'est-à-dire, 4 fois plus grande qu'elle n'est dans le Pendule qui bat les secondes. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1709, 1713.



236 DE LA MESURE DU TEMPS.

de ramener ces arcs à la même étendue, soit en ajoutant ou en ôtant du poids moteur.

811. En faisant usage des moyens que je viens d'indiquer, on connoîtra sûrement ce qui manque au Pendule, pour produire la compensation exacte par les diverses températures, & on pourra si on le veut, le corriger, en changeant les longueurs des verges de cuivre, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2013.

812. On peut se dispenser de changer les dimensions du Pendule; il suffit de dresser une table qui indique pour divers degrés de température, les différences qui ont lieu dans la marche de l'Horloge. C'est ici un moyen que j'emploie dans mes Horloges à Longitude. Voy. ci-devant, Chapitre XX, Première Partie.

813. Enfin, pour que l'observateur qui fera usage d'une telle Horloge, puisse en obtenir une exactitude encore plus rigoureuse, on pourroit former une table qui indiquât quelle sera la marche de l'Horloge, lorsque les arcs viendront à diminuer. Voy. Chapitre XX, Première Partie, la formation de cette table que j'emploie avec les Horloges à Longitude.

814. On conçoit que les épreuves pour la température, doivent être faites en hiver; l'Horloge à éprouver, doit être placée dans une chambre séparée de celle où est placée la Pendule à secondes, à laquelle elle est comparée, afin qu'en ouvrant les fenêtres pour avoir plus de froid, la Pendule à secondes ne puisse être affectée des différences de la température, différences qui ne doivent porter que sur la nouvelle Horloge.

815. J'ai donné dans le *Traité des Horloges Marines*, les méthodes que l'on doit employer pour régler les Horloges astronomiques. Voyez n° 1329 & suivant. On peut voir dans le même ouvrage la description de l'étuve qui sert aux épreuves des *Horloges à Longitudes*, Voy. n° 1415 & suivant, la manière d'éprouver ces machines, par diverses températures: les mêmes moyens peuvent être em-

ployés dans les Horloges astronomiques à court Pendule ; & c'est encore ici un avantage de la construction que j'ai donnée dans les Chapitres IX & X.

---

## C H A P I T R E   X I.

*De la construction d'une petite Horloge astronomique ,  
pour servir à la mesure de la pesanteur , par les diverses  
latitudes.*

816. **I**L feroit fort utile pour déterminer exactement l'effet de la pesanteur (a) sous diverses latitudes ; & d'avoir une Horloge à Pendule assez sûre pour fixer les quantités dont la pesanteur varie du pôle à l'équateur : & il feroit également utile pour les observateurs, d'avoir une Horloge astronomique plus commode & plus portative que ne le sont nos grandes Horloges : c'est dans cette vue que je vais proposer ici la construction d'une Horloge qui puisse réunir ces avantages , en obtenant cependant de cette machine, toute la précision dont un observateur qui voyage peut avoir besoin.

817. Pour remplir les vues que je viens de proposer , il faut employer un court Pendule , qui fasse trois vibrations par seconde , ou 10800 vibrations par heure. La longueur de ce Pendule , depuis le centre de suspension , jusqu'à celui de la lentille , est de quatre pouces  $\frac{1}{2}$  de ligne : & pour obtenir de ce régulateur , toute la justesse requise , il est nécessaire qu'il soit composé de sorte qu'il n'éprouve pas de variations dans sa longueur , par les diverses températures.

818. La Planche XI, fig. 1 , fait voir la construction

(a) Voy. *Essai sur l'Horlogerie* : la note | sur la pesanteur , par plusieurs latitudes.  
du n° 2092 , les effets que l'on observe |

238 *DE LA MESURE DU TEMPS.*

de ce Pendule ; il est ici représenté avec les dimensions convenables pour la correction du chaud & du froid : *a, b, c, d*, est un chassis d'acier formé par une seule pièce ; la traverse *a, b* doit porter dans le milieu de sa largeur, une fourchette *H*, dans laquelle est ajusté le conteau *A* de suspension du Pendule : la suspension n'est pas ici représentée ; elle est pareille à celle du Pendule à demi-secondes de la Planche IX, décrit Chapitre VIII.

Sur la traverse inférieure *c, d* du chassis d'acier, posent deux verges de cuivre *f, e; h, g* : sur les bouts supérieurs *e, g* de ces verges, pose la traverse d'acier *i, l*, fixée sur une verge d'acier, *B, C* qui forme le milieu du Pendule ; le bout *C* de cette verge passe librement dans un trou à mortoise de la traverse *e, d* du chassis.

819. La lentille *D, D*, est formée de deux parties, afin de pratiquer facilement le passage du Pendule ; cette lentille est fixée par son centre, au moyen de la vis *G*, qui traverse les deux parties de la lentille, & l'attache à la verge *B, C*, à la distance convenable du centre *H* de suspension, pour que le Pendule batte les tiers de seconde : la mortoise faite dans l'épaisseur de la lentille *D, D*, doit être faite, de sorte qu'elle ne touche pas au chassis d'acier, mais seulement à la verge du milieu, sur laquelle elle est fixée, afin que les divers effets de la température, s'opèrent sans obstacle.

820. La pièce *F* attachée au bas de la verge *B, C* du milieu, est un coulant qui peut monter & descendre dans la fente *l, m* de cette verge : ce coulant est fixé à volonté, à la verge, par la vis *F* : ce mouvement sert à régler l'Horloge au plus près, au moyen de l'index qui répond à la graduation faite sur la verge *h* de cuivre.

821. *I, K, L, M*, est une plaque de cuivre, sur laquelle la suspension du Pendule doit être attachée : cette plaque sert, en même-temps, à porter le mouvement de l'Horloge, au moyen de quatre piliers.

822. Sur le bas de la plaque *L, M*, est fixé le limbe *E*, gradué en degrés du cercle, pour connoître l'étendue

des arcs décrits par le Pendule, au moyen de l'index  $p$ , fait au bout de la verge du milieu  $B, C$ .

823. La figure première indique aussi la disposition que j'ai donnée à ce Pendule, pour y appliquer le compensateur isochrone que j'adopte à mes Horloges à Longitude. Voy. Première Partie, Chapitre I:  $\gamma$ ,  $\gamma$  est l'excentrique placé sur le couteau  $A$  de suspension;  $\zeta$  le rouleau compensateur;  $P$  la chappe;  $\eta, \theta$  le ressort;  $Q$  le pont à mâchoire, sur lequel la partie  $\delta$  du ressort est fixée; le pont  $Q$  est attaché en  $K$  sur la plaque de cuivre  $I, K, L, M$ .

824. Les figures 2 & 3 représentent le plan du mouvement de l'Horloge; il est composé de deux platines  $A, A; B, B$ , figure 2, 3;  $A, A$ , figure 2, est le dehors de la platine-cadran, dont le dedans porte les quatre piliers, 1, 2, 3, 4.

825. La première roue  $B$ , fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures: les heures paroissent à travers l'ouverture faite en  $a$ , à la platine-cadran  $A, A$ ; la roue des heures,  $B$ , porte la poulie  $C$  sur laquelle passe la corde du poids: cette roue  $B$  engrene dans le pignon  $b$  de minute; son pivot prolongé porte l'aiguille des minutes; sur ce pignon, est fixé la roue  $D$  de minute; elle engrene dans le pignon  $c$ , qui porte la roue moyenne  $E$ ; celle-ci engrene dans le pignon  $d$  de secondes; le pivot prolongé de ce pignon, porte l'aiguille de secondes; sur ce pignon est rivée la roue  $F$  de secondes:  $G$  est une portion du cadran de minute, &  $H$  une portion du cadran de secondes: ces deux cadrans sont attachés sur le dehors de la platine  $A, A$ , chacun par une vis & un pied.

826.  $B, B$ , figure 3, représente le dehors de la seconde platine: 1, 2, 3, 4, sont les bouts des piliers portés par la platine  $A, A$ , figure 2. La cage formée par ces deux platines  $A, A$ , figure 2, &  $B, B$ , figure 3, contient les roues  $B$  des heures,  $D$  de minutes, la roue moyenne  $E$ , & la roue de secondes: cette roue est représentée, fig. 3, par le cercle ponctué  $F$ , elle engrene dans le pignon  $e$ , qui porte la roue d'échappement

*I*, fig. 3; le pignon *e* de cette roue, passe en dedans de la cage, pour aller engrener dans la roue de secondes *F*; le pivot de ce côté doit rouler dans le trou d'un pont porté par le dedans de la platine *B*. L'autre pivot de la roue d'échappement, *I* est porté par le pont *K*, *e*.

827. Pour obtenir de cette Horloge, toute la justesse dont elle peut être susceptible, j'y fais l'application de l'échappement à vibrations libres : la disposition est indiquée par la fig. 3, qui en représente le plan.

828. *a* est le centre de mouvement du cercle d'échappement *a*, *L* : l'angle du couteau *H* du Pendule, fig. 1, doit être placé exactement à la même hauteur que le centre *a* du cercle d'échappement *a*, *L*, fig. 3; *M a* est le pont qui reçoit un des pivots de l'axe du cercle *a*, *L*; l'autre pivot roule dans un trou de la platine-cadran.

829. Le cercle d'échappement *a*, *L*, fig. 3, porte vers *L* une tige qui répond à la fente qui doit être faite à la verge d'acier *B*, du Pendule, fig. 1; *q* est cette fente.

Cette broche ou fourchette portée en *L*, fig. 3, doit se mouvoir par une vis de rappel.

830. *b*, *c*, *d* est la détente d'échappement mise en cage sur le dehors de la platine *B*, *B*, fig. 3, au moyen du pont *N*; *c* est le centre de mouvement de cette détente; *b*, le bras ou talon qui suspend l'action de la roue d'échappement *I*; *d* le bras droit sur lequel agit la cheville du ressort-levée *d*, *f*; ce ressort est attaché en *P* par une vis & deux pieds sur le cercle d'échappement, *L*, *P*, *Q*, *a*; le poids *g* porté par le bras *c*, *g* fixé sur l'axe de la détente, sert à ramener cette détente, après qu'elle a été élevée par le ressort-levée *d*, *f*, du cercle d'échappement; la cheville *l* portée par le cercle, borne la course du ressort-levée, & la cheville *h* fixée à la platine *B*, *B*, fixe la course de la détente *b*, *c*, *d*. Nous renvoyons pour une plus ample explication de cet échappement, au Chapitre IV, Première Partie.

*Nombres*

*Nombres du rouage.*

831. La roue des heures *B*, fig. 2, a 180 dents & 24 lig. de diamètre.

Le pignon *b* de minutes a 15 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue *D* de minutes a 128 dents & 16 lig. de diamètre, le pignon *c* de la roue moyenne, 16 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue moyenne *E*, 120 dents & 15 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre : le pignon *d* de secondes, 16 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue de seconde *F*, a 108 dents & 13 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, le pignon *e* d'échappement, fig. 3, a 12 dents.

La roue d'échappement *I*, fig. 3, a 10 dents & 10 lig. de diamètre, la levée de l'échappement est de 10 degrés.

832. Nous devons observer ici que comme le Pendule bat les tiers de seconde, ou qu'il fait 3 vibrations par seconde; & que par la nature de l'échappement à vibrations libres, pendant que l'aiguille des secondes fait un battement, le Pendule fait 2 vibrations; il s'en suit que chaque battement de l'aiguille des secondes, répond à  $\frac{2}{3}$  de seconde; & par conséquent, 3 battemens de l'aiguille, répondent à 2 secondes de temps. Il faut donc diviser le cadran de secondes en 30 parties, dont chaque division répondra à 2 secondes; mais entre ces divisions, l'aiguille fera 2 battemens. Le premier battement qui suivra la division, répondra à  $\frac{2}{3}$  de seconde, & le second battement de l'aiguille vaudra  $\frac{4}{3} = 1 \frac{1}{3}$ . Ceci bien entendu, l'observateur qui fera usage de cette Horloge, n'éprouvera aucun embarras pour compter le temps de l'Horloge, & il aura une subdivision du temps qui sera utile pour l'observation exacte.

H h

Calcul servant à trouver la dimension du Pendule composé à chassis de cinq montants, qui fait trois vibrations par seconde, pour obtenir une compensation exacte des effets du chaud & du froid.

Planche XI, fig. 1.

833. Le chassis d'acier  $a, b, c, d$ , depuis l'angle du couteau, jusques au dessus de la traverse  $c, d$ , sur laquelle posent les tringles de cuivre,  $f, h$ , a de longueur 6 pouces 4 lig. = 76 lig.

La regle d'acier  $B$ , qui porte la lentille, depuis le centre  $G$ , jusques au-dessus des bouts  $e, g$  des regles de cuivre, a de longueur 46 lig.

Somme des regles d'acier, 122 lig.

Les regles de cuivre ont 6 pouces 1 lig. = 73 lig.

On a donc la proportion, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1749.

Voy. ci-devant n° 800

$$\begin{array}{r}
 122 \text{ lig. acier} : 73 \text{ lig. cuivre} :: 121 \text{ dilatation acier} : 174 \text{ dilatation cuivre.} \\
 \hline
 74 \qquad \qquad \qquad 73 \\
 488 \qquad \qquad \qquad 363 \\
 854 \qquad \qquad \qquad 847 \\
 \hline
 9028 \qquad \qquad \qquad 8833
 \end{array}$$

D'où l'on voit que la compensation n'est pas assez grande, puisque le produit des variations du cuivre, est plus petit que celui de celles de l'acier.

Supposons le chassis d'acier de 2 lig. plus long, & les regles de cuivre aussi de 2 lig. plus longues.

On aura:

124 acier : 75 cuivre : : 121 : 74.	
74	75
496	605
868	847
9176	9075

Cette quantité n'est pas encore suffisante : on trouvera enfin qu'en donnant 126 lig. de distance, depuis l'angle du couteau, au-dessus de la traverse  $c, d$ , & 77 lig. aux règles de cuivre, les produits seront très-approchant les mêmes, & par conséquent la compensation sera complète; ces produits sont 9324 pour l'acier, & 9317, pour le cuivre.

*Description d'un moyen simple de compenser les effets du chaud & du froid, dans une Horloge à Pendule.*

834. La fig. 4, Planche XI, représente la construction que l'on peut employer dans un court Pendule, pour produire la correction des effets du chaud & du froid, en se servant d'une simple verge, pour former le Pendule;  $A, B$  est la verge du Pendule; le bout  $A$  est attaché par 2 chevilles, à une pièce  $D$ , faite en fourchette, laquelle est portée par la traverse  $a, b$  de la suspension à ressort,  $a, b, c, d$ : le bout inférieur  $B$  de la verge, est taraudé pour recevoir l'écrou, sur lequel appuie la lentille  $C, C$ : les bouts supérieurs  $e, f$  des ressorts de suspension  $e, g, f, h$  sont attachés à la traverse  $c, d$ . Ces ressorts passent bien juste dans une fente  $E$ , du pont  $E, F$ . Ce pont est attaché sur la plaque de cuivre  $G, H$ , laquelle doit porter le mécanisme de compensation, & de plus, le mouvement de l'Horloge, lequel n'est pas ici représenté; mais ce peut être le même, vu fig. 2 & 3.

835. La traverse  $c, d$ , des ressorts de suspension, porte

H h 2



au milieu de sa longueur la cheville *i*, laquelle appuyé par les deux bouts, sur le bout *I* du levier d'acier *I, K, L*, mobile en *k*. Le bout *I* de ce levier, est fait en fourchette, pour embrasser la traverse *c, d* de suspension. La partie du centre *K*, entre dans la fente du talon *M*, formée sur le pont *E, F*: la cheville *k* traverse le talon fendu *M*, & le levier, ce qui forme le centre de mouvement de ce levier. Le bout *L* du levier, passe dans la fente de la verge ou tringle d'acier *N, O*, le bout *N* de la tringle, porte une cheville, sur laquelle appuie le bras *L* du levier *I, K, L*; le bout inférieur *O* de la tringle *N, O*, est fixé par une cheville 1, sur la traverse *P, P* du châssis de compensation, & le bout supérieur passe librement dans un trou fait à la traverse *Q, Q* du même châssis de compensation: les tringles de cuivre *R, S; R, S* sont fixés par les chevilles 2, 3, par en-bas à la traverse *P, P*, & par leurs bouts supérieurs à la traverse *Q, Q*, par les chevilles 4 & 5.

836. Cette disposition bien entendue, on voit que lorsque la chaleur dilate la verge *A, B* du Pendule, & tend à faire retarder l'Horloge, la même chaleur dilate aussi les tringles *N, O; R, S; R, S* du châssis de compensation; mais comme le cuivre se dilate plus que l'acier, dans le rapport de 121 à 74 (a). La traverse *P, P* s'éloigne de celle de *Q, Q*, enforte que le point *L* du levier *I, K, L* descend, tandis que celui *I* remonte, ce qui raccourcit le Pendule; & ici par les dimensions données, le point *i* remonte exactement de la quantité dont la chaleur a dilaté la Pendule: mais dans le cas où la compensation ne seroit pas jugée exacte d'après des épreuves sûres, on peut trouver la compensation, en approchant ou en écartant le châssis du centre de mouvement *k* du levier de compensation; c'est à cet usage que sont destinées les fentes 6 & 7, pratiquées à la traverse *Q, Q* du châssis; cette traverse est attachée par les vis 6, 7, sur la barre *E, T* du pont de suspension *E, T, F*.

(a) Essai sur l'Horlogerie, n°1696.

CHAPITRE XII.

*Dimensions de différents rouages de Pendules à secondes , à équation , à sonnerie d'heures , & quarts à chaque quart , &c. les nombres des dents des roues & des pignons , & une notion de la disposition des principales parties de ces machines.*

837. J'AUROIS désiré de pouvoir ajouter à la fin de cet Ouvrage, les plans de diverses Pendules à secondes à équation , &c. telles que j'en ai exécuté plusieurs pour divers Amateurs, persuadé que cela eut été intéressant pour beaucoup d'Artistes, qui n'ont pas connoissance de ces sortes de machines. J'ai été forcé de renoncer à ce dessein, à cause du grand nombre de Planches qu'il eût été nécessaire de faire graver; mais je puis suppléer en partie à cet objet, en donnant ici les dimensions de plusieurs rouages, & les nombres des dents des roues & des pignons; cela évitera à quelques ouvriers, la peine de chercher ces nombres, lorsqu'ils voudront entreprendre de telles Pendules.

---

ARTICLE I.

*Dimensions du rouage d'une Pendule à secondes & à équation , allant un mois sans être remontée , le mouvement à poids ; la sonnerie à ressort , les heures , les minutes & les secondes concentriques au cadran ; avec les nombres des dents des roues & des pignons.*

838. Les platines qui forment la cage de cette Pendule sont quarrées, elles ont 6 pouces  $\frac{4}{4}$  lig. de largeur,

## 246 DE LA MESURE DU TEMPS.

leur hauteur est de 6 pouces ; la disposition des roues qui sont contenues dans cette cage est à peu-près le même, que celle de la Pendule à secondes, représentée Planche II, fig. 2, de l'Essai sur l'Horlogerie. Et la disposition des roues de cadrature ou d'équation, est la même vue Planche XI, fig. 1 du même ouvrage ; j'emploierai ici les mêmes lettres de ces figures, pour désigner les roues de la Pendule, dont je vais donner les dimensions.

### I°. Rouage du mouvement, vu Planche II, fig. 2 de l'Essai sur l'Horlogerie.

La fig. 2, fait voir le dedans de la platine des piliers.

839. La roue de cylindre *A*, *a*, 31 lig. de diamètre, & 1 lig.  $\frac{1}{2}$  d'épaisseur, & 90 dents ; elle engrene dans le pignon *a* de grande roue moyenne qui a 14 dents.

840. La grande roue moyenne *B* a 22 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, 0 lig.  $\frac{10}{12}$  d'épaisseur, & 90 dents ; elle engrene dans le pignon *b* de 10 dents.

841. La roue *C*, fait un tour par heure, elle a 20 lig. de diamètre, demi-ligne d'épaisseur, & 80 dents ; elle engrene dans le pignon *c* de la roue moyenne ; ce pignon a 10 dents, & passe en dehors de la platine des piliers pour conduire la roue de minute.

842. La roue moyenne *D*, a 18 lignes  $\frac{1}{3}$  de diamètre, 0 lig.  $\frac{3}{12}$  d'épaisseur, & 75 dents ; elle engrene dans le pignon *d* de seconde, lequel a 10 dents.

843. La roue d'échappement, ou de seconde *E*, a 16  $\frac{3}{4}$  lig. de diamètre, 0 lig.  $\frac{4}{12}$  d'épaisseur, & 30 dents ; elle fait un tour par minute. Cette roue est placée au milieu de la largeur de la platine, & elle est élevée de 3 pouces 2 lig. du bas de la platine.

844. Dans la ligne verticale *n* du milieu de la platine ; est placé le centre de l'ancre d'échappement : le centre de

l'ancre peut être distant de celui de la roue d'échappement d'un diamètre & demi de cette roue, ou ce qui revient au même de 3 fois le rayon, qui est ici de 8 lig.  $\frac{3}{4}$ . La distance des centres de la roue & de l'ancre est donc de 25 lig.  $\frac{5}{8}$ .

845. La distance que nous donnerons ici, est donnée d'après la règle ordinaire, pour faire décrire de petits arcs d'un degré, au Pendule. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 398. Mais comme je préfère que le Pendule décrive des arcs de 2 degrés, je place en conséquence le centre de l'ancre de 21 lig. au-dessus de celui de la roue de secondes.

2°. *Roues de cadrature, ou minuterics & d'équation, Planché II, fig. 1, de l'Essai sur l'Horlogerie.*

846. La roue de minute *M*, fig. 1, a 18 lignes de diamètre, elle est conduite par le pignon de la roue moyenne prolongé en dehors de la platine des piliers, & dont le pivot roule dans le pont *P* : cette roue porte à frottement la roue *m*, rivée sur un canon qui roule sur un pont fixé à la platine : & au-dedans duquel passe la tige de seconde ; la roue de conduite *m*, a 9 lig.  $\frac{7}{12}$  de diamètre & 36 dents. Son canon porte l'aiguille du *temps moyen*.

847. La roue de conduite *m*, Planché XI, fig. 1, engrene dans la roue d'équation *n*, laquelle a 19 lig.  $\frac{2}{12}$  de diamètre, & 72 dents ; cette roue est rivée sur un canon qui roule librement sur l'axe du pignon *t*.

848. La roue de conduite ou d'équation *n*, engrene dans la roue *o* ; cette roue *o* a 9 lig.  $\frac{7}{12}$  de diamètre, & 36 dents ; elle est rivée sur un canon qui porte fixement la roue *p*, l'une & l'autre roulent sur une broche portée par le bras *I* mobile, concentriquement au pignon *t*.

849. La roue *p* a 14 lig.  $\frac{5}{12}$  de diamètre, & 60 dents. Cette roue engrene dans la roue *g* de même diamètre, & même nombre de dents que celle *p*.

## 248 DE LA MESURE DU TEMPS.

850. La roue  $q$  est rivée sur l'axe du pignon  $t$ . Ce pignon a 8 dents, & engrene dans la roue de cadran, laquelle a 26 lig.  $\frac{2}{12}$  de diamètre, & 96 dents. Le canon prolongé de cette roue porte l'aiguille des heures.

851. La roue  $q$  engrene dans la roue  $\nu, \nu$ , qui fait un tour par heure; cette roue a comme celle  $p$ , & celle  $q$ , 14 lig.  $\frac{5}{12}$  de diamètre, & 60 dents. Elle est rivée sur un canon qui roule librement sur le canon de la roue de minutes  $m, m$ .

852. Le canon prolongé de la roue  $\nu, \nu$ , porte l'aiguille du temps vrai  $V$ .

853. La roue ou pignon de rateau  $H$ , a 7 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, & 47 dents, & le rateau  $L, R$ , qui le mene a 27 lig.  $\frac{8}{12}$  de rayon, & fendu sur le nombre 360.

Je puis me dispenser d'expliquer ici les effets de l'équation; on les trouve détaillés, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 218 & suiv. : la manière d'exécuter la courbe d'équation, est décrite n° 330 & suiv. du même Ouvrage.

### 3°. Rouage de la sonnerie, Planche II, fig. 2 de l'Essai sur l'Horlogerie.

854. La roue de barillet  $T$ , a 35 lig. de diamètre, 2 lig. d'épaisseur, & 84 dents; elle engrene dans le pignon, désigné 13; sur l'axe duquel est rivée la roue  $V$ ; & le pivot prolongé de cet axe, est terminé en quarré, pour porter la roue de compte  $Q, Q$ . Ce pignon a 14 dents.

855. La roue  $V$  a 24 lig. de diamètre, 1 lig. d'épaisseur, 90 dents; elle engrene dans le pignon désigné par le chiffre 14, sur le plan; ce pignon a 8 dents.

856. La roue de cheville  $X$ , a 18 lig. de diamètre; elle a 0 lig.  $\frac{2}{12}$  d'épaisseur, & 84 dents. Elle porte 16 chevilles, pour faire frapper au marteau les heures & les demies :  
cette

cette roue engrene dans le pignon désigné par le chiffre 15, de la roue d'arrêt *Y* ; ce pignon a 8 dents.

857. La roue d'arrêt *Y*, a 15 lig. de diamètre ; son épaisseur est de 0 lig.  $\frac{6}{12}$ , elle a 72 dents : cette roue porte deux chevilles pour arrêter la sonnerie, lorsque les heures sont frappées, au moyen de la détente ; elle engrene dans le pignon de la roue de volan *Z* : ce pignon a 6 dents.

858. La roue de volan *Z*, a 14 lig. de diamètre, son épaisseur est de  $\frac{1}{2}$  ligne ; elle a 66 dents, & engrene dans le pignon 6 de volan.

859. Pendant que la roue de compte *Q*, *Q*, fait un tour, la roue de cheville *X* en fait  $11 \frac{2}{8}$ , puisque le nombre 8 des dents du pignon de cette roue est contenu 11 fois  $\frac{2}{8}$ , dans le nombre 90 des dents de la roue *V*, qui porte la roue de compte ; or, la roue *X*, porte 16 chevilles, qui, multipliés par  $11 \frac{1}{4} = 11 \frac{2}{8}$ , donnent 180 coups, que doit frapper le marteau pendant la révolution de la roue de compte ; d'où il suit que celle-ci fait un tour en 24 heures, nombres des heures & des demies sonnées. Il faut donc que la roue de compte soit taillée sur le nombre 180 de l'outil à fendre : ainsi, elle contiendra 2 fois les entailles des roues de compte ordinaires, c'est-à-dire, deux fois 12 heures, deux fois 1 heure & les demies, &c.

860. Dans la Pendule à équation, dont je viens de donner une notion : la roue annuelle est concentrique au cadran ; elle est portée par un canon attaché en dehors de la fausse plaque, & aux travers duquel passent les canons des aiguilles du temps moyen, du temps vrai, celui des heures, & la tige de secondes : ainsi, la roue annuelle est placée entre la fausse plaque, & le dessous du cadran qui est d'émail.

861. La roue annuelle a 6 pouces 9 lig. de diamètre, & environ  $\frac{3}{4}$  de lig. d'épaisseur ; elle a 365 dents qui sont fendues à rochet ; au-dessous de la roue annuelle est fixée l'ellipse ou courbe d'équation, sur laquelle agit une cheville portée par un bras fixé au canon du rateau.

250 DE LA MESURE DU TEMPS.

862. Sur les dents de la roue annuelle *AA*, (Planche XI, fig. 1 de l'*Essai sur l'Horlogerie*, agit un fort ressort à sautoir *S*, qui fixe la roue, laquelle ne doit avancer que d'une dent en 24 heures.

863. Pour faire mouvoir ou tourner la roue annuelle, j'emploie un moyen fort simple; c'est celui d'une palette *P*, laquelle est portée par l'axe d'un pignon de 14 dents; ce pignon engrene dans la roue de barillet de sonnerie, & comme ce pignon est de même grandeur, & de même diamètre que celui de la roue de compte, il s'ensuit qu'il fait un tour en 24 heures, pendant laquelle révolution la palette *P* fait avancer la roue annuelle d'une dent.

864. Le cadran de cette Pendule a 8 pouces de diamètre, il est d'émail, & porte une ouverture à travers de laquelle paroissent les quantités du mois, & les mois de l'année, lesquels sont peints sur un cercle d'émail porté par la roue annuelle.

865. Le barillet de sonnerie fait un tour en 6 jours; ainsi six jours du ressort feront marcher la sonnerie pendant 36 jours; le ressort doit faire 8 tours  $\frac{1}{2}$ , afin de n'être pas trop fort & sujet à casser.

866. La roue de cylindre du mouvement fait un tour en 57 heures  $\frac{5}{7}$ ; ainsi le cylindre ayant 14 tours de corde, la Pendule marchera pendant 33 jours 18 heures, sans être remontée: nous allons chercher le diamètre que doit avoir le cylindre.

867. Supposons que la hauteur de la boîte qui contient le mouvement de la Pendule, soit telle que depuis le dessous de la cage & du support auquel ce mouvement est attaché, il y ait 5 pieds de hauteur au-dessus du bas de la boîte; supposons de plus, que la longueur du poids & de la poulie qui le porte, soit de 12 pouces; il restera 4 pieds = 48 pouces pour la descente du poids; c'est d'après cette descente que l'on doit régler le diamètre du cylindre, sur lequel la corde du poids agit.

868. Le poids étant moufflé, ainsi que cela doit être,

SECONDE PARTIE, CHAP. XII. 251

on a pour la longueur de la corde, deux fois la descente du poids, ce qui donne 8 pieds de corde = 96 pouces; laquelle longueur étant divisée par 14 tours de la roue de cylindre, pour que la Pendule marche 33 jours  $\frac{3}{4}$ , sans être remontée, on a 6 pouces = 82 lig.  $\frac{2}{7}$ ; on fera donc la proportion (a), 355 : 113 :: 82 lig. : x = 26 lig.  $\frac{68}{355}$ . On trouve que le diamètre du cylindre doit être de 26 lig.  $\frac{1}{2}$ ; mais on doit le tenir de 25 lig.  $\frac{3}{4}$ , seulement à cause de la grosseur de la corde qui augmente son diamètre, en supposant même le cylindre cannelé, pour loger la corde.

869. Pour faire marcher la Pendule, pendant qu'on la remonte, il faut placer entre la première roue, & le cylindre, le rochet, & le ressort auxiliaire, tels que je les emploie dans mes Horloges à Longitude. Voyez-en la disposition, *Traité des Horloges Marines*, Planche XV, fig. 6, 7, 8, & la description n° 681, 811 & suivans du même Ouvrage.

4°. *Disposition du Pendule, ou régulateur, & élévation ou profil de l'Horloge à équation.*

870. Le régulateur que j'ai employé dans mes Horloges à équation, est un Pendule composé à chassis, tel qu'il est représenté Planche XXVIII, fig. 1, de l'*Essai sur l'Horlogerie*, & décrit n° 2030 du même Ouvrage. Il est de même suspendu par un couteau, & soutenu par un fort support de cuivre ou espèce de cage qui s'attache au fond de la boîte par 4 fortes vis; la même cage ou support porte deux bras de cuivre, sur lesquels on fixe le mouvement par deux vis, & de manière que l'on peut démonter le mouvement, sans déranger le Pendule. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2030 & 2037 & suivans, toute la disposition du Pendule, &c. des Horloges astronomiques.

871. Le centre de l'ancre d'échappement doit être parfaitement placé à la même hauteur, & dans la direction



## 252 DE LA MESURE DU TEMPS.

même de l'angle du couteau : ainsi la grandeur de la cage ou support du mouvement, & de la suspension du Pendule, doit être réglé sur l'élévation du centre de l'ancre, au-dessus du bord inférieur de la cage du rouage, afin que le centre de mouvement du Pendule, soit exactement la même que celui de l'ancre d'échappement.

872. Les bras de la cage de cuivre, qui porte le mouvement, ont 6 pouces  $\frac{1}{2}$  de haut.

873. Le centre du mouvement de la suspension est élevé de 20 lig. au-dessus du fond de la boîte.

874. Le pont de l'ancre d'échappement a 14 lig. de haut.

875. Les piliers de la cage du rouage de l'Horloge, ont 18 lig.  $\frac{1}{2}$  de hauteur.

876. Les piliers de la fausse plaque, ont 12 lig. de hauteur.

877. Le pont de secondes doit avoir un canon d'acier, dont la base s'attache au dehors de la platine des piliers ; c'est sur ce canon que roule le canon de la roue de minutes ; le canon du pont de secondes, doit avoir 17 lig. de hauteur, c'est à travers ce canon, que passe la tige de secondes, pour porter l'aiguille ; la grosseur de ce canon, est de 1 ligne  $\frac{4}{12}$ .

878. Le pivot de la roue de secondes, ne doit pas rouler dans le trou de la platine ; cela rendroit ce pivot trop long, & par conséquent trop gros ; il vaut mieux le faire rouler dans le trou d'un bouchon ajusté à force sur le bout du canon d'acier du pont de secondes.

879. Le canon de la roue de minutes du temps moyen, doit avoir 2 lig. de diamètre, & celui du temps vrai, doit avoir 2 lig.  $\frac{2}{12}$ .

880. Les canons des roues de minutes & de cadran, doivent être élevés de 22 lig. au-dessus de la platine des piliers qui les porte : avec cette longueur des canons, on sera assuré de trouver celle qui est requise pour ajuster les aiguilles ; la courbure que le cadran doit avoir pour loger

*l'ellipse*, la roue annuelle, & le cercle d'émail des mois, augmente beaucoup les longueurs des canons des minutes.

881. La plaque d'acier portée par le pignon du rateau d'équation, doit être élevée de 2 lig.  $\frac{3}{4}$  au-dessus de la platine; & la roue de minutes, que mene le pignon de la roue moyenne, doit avoir la même élévation. Cette hauteur est nécessaire pour former un ajustement précis au pignon de rateau. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n<sup>os</sup> 221, 225, 226, l'ajustement de ce pignon du rateau, auquel est représenté Planché XI, fig. 1, 2, 4, & 7 du même Ouvrage.

A R T I C L E I I.

*Dimensions & nombres des dents, des roues & des pignons du rouage d'une petite Pendule de cheminée à secondes & à équation, à ressort & à fusée, sans sonnerie : Pendule composé à demi-seconde, les heures, les minutes & les secondes, sont concentriques au cadran.*

882. Les platines qui contiennent le rouage de cette petite Horloge sont rondes, elles ont 4 pouces 6 lig. de diamètre. La hauteur des piliers est de 16 lig.

883. La roue de fusée à 26 lig.  $\frac{1}{4}$  de diamètre, & 128 dents; elle fait un tour en 3 jours, ainsi, la fusée ayant 11 tours de chaîne, la Pendule marchera 33 jours sans être remontée.

884. Entre la fusée & la roue de fusée, est placé le ressort auxiliaire, & le rochet d'encliquetage, qui sert à faire marcher l'Horloge, pendant qu'on la remonte; ce rochet auxiliaire a 120 dents, qui au lieu d'être à rochet, sont arrondis à l'ordinaire, parce que je l'ai fait servir ici à un double usage. C'est de conduire la roue annuelle; pour cet effet, le rochet auxiliaire engrene dans une petite roue de 40 dents, laquelle fait un tour en 24 heures; l'axe de

## 254 DE LA MESURE DU TEMPS.

cette roue porte une palette qui , à chaque révolution de la roue de 40 dents , fait avancer une dent de la roue annuelle , de 365 dents fendues à rochet , & maintenue par un ressort à fautoir , de la même manière que je l'ai expliqué pour la grande Pendule à équation de l'article précédent.

885. La roue annuelle a 3 pouces 9 lig. de diamètre ; elle est portée par un canon attaché au-dehors de la fausse plaque , sous le cadran qui est d'émail. Sur la roue annuelle sont gravés les mois de l'année , & leurs quantités , qui paroissent à travers une ouverture pratiquée à cet effet au haut du cadran.

886. Le barillet a 26 lig. de diamètre , & 14 lig.  $\frac{1}{2}$  de haut , il doit passer à côté de la fusée , il n'y a que la roue moyenne qui passe au-dessus du barillet : sans cela , il auroit toute la hauteur de la cage.

887. La roue de fusée engrene dans le pignon de la deuxième roue , ou grande roue moyenne ; ce pignon a 16 dents.

888. La grande roue moyenne a 21 lig.  $\frac{2}{12}$  de diamètre , & 180 dents ; elle engrene dans le pignon de la troisième roue , laquelle fait un tour par heure ; ce pignon a 20 dents.

889. La troisième roue a 19 lig.  $\frac{1}{3}$  de diamètre , & 160 dents ; elle engrene dans le pignon de la quatrième roue , ou roue moyenne ; ce pignon est prolongé pour conduire les roues de minutes placé en-dehors de la platine des piliers ; le pignon de la roue moyenne a 20 dents.

890. La roue moyenne a 18 lig.  $\frac{3}{24}$  de diamètre , & 150 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue de secondes ou d'échappement.

891. La roue d'échappement a 17 lig. de diamètre , elle a 60 dents ; cette roue est placée en dehors de la seconde platine , ainsi que l'ancre d'échappement.

892. L'échappement de cette petite Horloge , est à repos , comme celui des grandes Horloges astronomiques. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, n° 395 , tout ce qui concerne l'exécution de cet échappement.

SECONDE PARTIE, CHAP. XII. 255

893. Au lieu de l'échappement à ancre à repos, on peut employer dans une pareille Horloge l'échappement à vibrations libres, décrit ci-devant n° 739 ; lequel est représenté Planche IX, fig. 5.

894. Le Pendule appliqué à cette petite Horloge, est celui composé en triangle, pour la correction des effets du chaud & du froid, la suspension est à couteau fixé solidement au fond de la boîte.

*De la cadrature ou rouage formant les minuterics à l'équation.*

895. La construction de l'équation, étant ici la même que celle de l'article précédent, je me bornerai à donner les dimensions des roues, & le nombre des dents.

896. La roue des minutes a 18 lig.  $\frac{3}{4}$ , & 160 dents. Elle est conduite par le pignon prolongé de la roue moyenne.

897. La roue de conduite, portée par la roue de minutes, a 7 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, & 45 dents; elle engrene dans la roue d'équation de 15 lig. diamètre, & 90 dents. Celle ci engrene dans une troisième de 7 lig.  $\frac{1}{2}$  diamètre, & 45 dents; cette roue roule sur le bras d'acier du pignon de rateau, elle porte la quatrième roue de cadrature, laquelle a 11 lig.  $\frac{1}{3}$  de diamètre, & 66 dents; elle engrene dans la cinquième roue, qui a même diamètre, & même nombre 66; laquelle est fixée sur le pignon qui conduit la roue de cadran; ce pignon a 10 dents, & la roue de cadran 120.

898. Enfin, la cinquième roue engrene dans la roue du temps vrai, qui a aussi 7 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, & 66 dents.

899. Le pignon de rateau a 4 lig.  $\frac{1}{4}$  de diamètre, & 24 dents; le rateau d'équation, qui le conduit a 33 lig. de diamètre = 16 lig.  $\frac{10}{12}$  de rayon, il est fendu sur le nombre 180.

900. La hauteur des piliers de la fausse plaque, est de 6 lig.  $\frac{1}{2}$ .

## REMARQUE.

901. Les pignons de la petite Horloge, dont nous venons de donner les dimensions, sont faits à l'outil, ainsi que les dents des roues; mais ces pignons sont trop nombrés pour pouvoir les exécuter à la main, selon la méthode ordinaire. Voici donc les nombres qu'il faut substituer pour le rouage, en conservant les grandeurs données.

Roue de fusée 112 engrene pignon 14.

Grande moyenne 108 engrene pignon 12.

Troisième roue 96 engrene pignon 12.

Roue moyenne 90 engrene pignon 12.

Roue de minute de la cadrature, même nombre que la troisième roue, c'est-à-dire 96.

Les roues de cadrature, les mêmes données ci-dessus.

## ARTICLE III.

*Petite Pendule de cheminée à demi-seconde & à sonnerie, allant un mois sans être remontée, les heures, les minutes & les secondes concentriques au cadran.*

902. Les platines de rouage de cette Pendule, sont rondes, elles ont 4 pouces  $\frac{1}{2}$  de diamètre; la hauteur des piliers est de 16 lig.

903. Le barillet du mouvement, & celui de sonnerie, sont placés dans une ligne horizontale qui passe par le centre de la cage, c'est-à-dire, dans la direction même de XI heures, & de III heures du cadran; & ils sont placés de sorte que les roues de barillet affleurent les platines, sans les déborder: le barillet de sonnerie, placé du côté de X heures du cadran, & celui du mouvement du côté de III heures. Le rouage de la sonnerie occupe le haut de la cage, au-dessus des barillets, & celui du mouvement, occupe le bas de la cage, au-dessous des barillets.

*Dimensions*

*Dimensions du Rouage de mouvement.*

904. La première roue, ou de barillet, du mouvement a 25 lig.  $\frac{1}{3}$  de diamètre, & 96 dents; elle engrene dans le pignon de la grande roue moyenne: ce pignon a 12 dents.

905. La seconde roue ou grande moyenne, a 21 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, & 96 dents; elle engrene dans le pignon de la troisième roue, laquelle fait un tour par heure: ce pignon a 8 dents.

906. La troisième roue a 16 lig.  $\frac{2}{3}$  de diamètre & 64 dents; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne: ce pignon a 8 dents.

907. La quatrième roue ou roue moyenne a 15 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre, & 60 dents; elle engrene dans le pignon de la cinquième roue, lequel a 8 dents.

908. La cinquième roue qui est celle de secondes & d'échappement, est placée au centre de la cage; cette roue passe sous les barillets, du côté du dedans de la platine des piliers: la roue d'échappement a 14 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre; elle porte 60 dents fendues à rochet.

909. L'échappement est à ancre & à repos; la tige de l'ancre est placée tout auprès de la roue, afin de faire décrire des arcs au moins de 10 degrés au Pendule; chaque patte de l'ancre est distante du centre d'environ 3 lig., ou ce qui revient au même, l'ancre doit embrasser 7 dents  $\frac{1}{2}$  de la roue.

Le Pendule régulateur de cette Horloge, est celui composé à tringles décrit, ci-devant (n° 776); la suspension est à couteau; fixée au fond de la boîte.

K k

*Roue de cadrature, ou de minutes, & de cadran.*

910. Les roues de minutes sont placées en dehors de la platine des piliers, sous la fausse-plaque; la roue de minutes conduite par le pignon prolongé de la roue moyenne a 15 lig.  $\frac{1}{3}$  de diamètre & 64 dents; la roue de conduite qu'elle porte a 9 lig. de diamètre & 32 dents; cette roue engrene dans la roue de renvoi de même diamètre & même nombre de dents; cette dernière est rivée sur le pignon 6 qui engrene dans la roue de cadran, laquelle a 16 lignes de diamètre, & 72 dents.

*Rouage de la Sonnerie.*

911. La première roue ou roue de barillet a 25 lig.  $\frac{1}{3}$  de diamètre & 70 dents, elle engrene dans le pignon de la seconde roue; ce pignon a 14 dents; son pivot prolongé terminé en carré, porte la roue de compte, laquelle a 20 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre; elle est fendue sur le nombre 180; afin de porter chaque heure, & chaque demie deux fois; elle fait donc un tour en 24 heures.

912. La seconde roue de sonnerie est rivée sur le pignon de la roue de compte; cette roue a 17 lig.  $\frac{1}{4}$  de diamètre, elle a 90 dents, & engrene dans le pignon de la troisième roue, qui est celle de cheville: ce pignon a 8 dents.

913. La roue de cheville a 13 lig.  $\frac{10}{12}$  de diamètre & 64 dents: elle porte 16 chevilles, & engrene dans le pignon de la quatrième roue; ce pignon a 8 dents.

914. La quatrième roue ou roue d'arrêt a 12 lig. de diamètre & 72 dents, elle engrene dans le pignon de la roue de volan; ce pignon a 6 dents.

915. La cinquième roue, ou de volan a 10 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre & 66 dents, elle engrene dans le pignon 6 de volan.

916. Le barillet de sonnerie fait un tour en 5 jours, ainsi, 6 tours  $\frac{1}{7}$  de ressort, feront marcher la sonnerie pendant 31 jours : le ressort devra faire 7 tours  $\frac{1}{4}$ , afin qu'il reste assez de bande au bas.

917. Le barillet du mouvement fait un tour en 4 jours ; il faut donc 7 tours  $\frac{1}{4}$  de ressort, pour faire marcher l'Horloge pendant 31 jours ; ce ressort devra faire 9 tours.

R E M A R Q U E.

918. On peut adapter, comme je l'ai fait, au mouvement de l'Horloge que nous venons de décrire, deux sortes de constructions d'équation ; la première que j'employai étoit à cadran mobile, telle qu'elle est décrite *Essai sur l'Horlogerie*, n° 238. La seconde est l'équation à deux aiguilles, décrite n° 218 du même ouvrage. Dans cette dernière construction, les roues de cadrature d'équation ont les mêmes dimensions que celles que j'ai données ci-devant, ART. II, (n° 895). Dans l'une & l'autre construction, la roue annuelle a 365 dents fendue à rochet, & rendue concentrique au cadran.

A R T I C L E I V.

*Dimensions, &c. du mouvement d'une Pendule à secondes à ressort & à fusée, sonnant les heures & les quarts, à chaque quart, allant un mois sans remonter.*

919. Cette Pendule est composée de 3 rouages particuliers, placés dans la même cage : 1° le rouage du mouvement, qui sert à la conduite des aiguilles, & à la mesure du temps : 2° le rouage de la sonnerie des heures : 3° le rouage de la sonnerie des quarts.

K k 2



## 260 DE LA MESURE DU TEMPS.

920. Les platines sont rondes, elles ont 8 pouces de diamètre; les piliers ont 18 lig.  $\frac{1}{2}$  de hauteur.

### *Rouage du mouvement.*

921. La roue de fusée est placée en bas de la cage; sur la ligne de VI & de XII heures du cadran; le barillet est placé à côté: cette roue a 31 lig. de diamètre & 98 dents. Elle porte un rochet & un ressort auxiliaire pour faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte.

922. La roue de fusée engrene dans le pignon de la grande roue moyenne; ce pignon a 14 dents; la seconde roue ou grande moyenne a 23 lig. de diamètre & 96 dents, elle engrene dans le pignon de la troisième roue, laquelle fait un tour par heure: ce pignon a 8 dents.

923. La troisième roue a 18 lig.  $\frac{2}{3}$  de diamètre & 64 dents; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne: ce pignon est prolongé, & passe en dehors de la platine des piliers, pour conduire la roue de minutes; ce pignon a 8 dents.

924. La quatrième roue ou roue moyenne a 17 lig. de diamètre & 60 dents, elle engrene dans le pignon de secondes, sur l'axe duquel est fixée la roue de secondes ou d'échappement: cette dernière roue est placée au centre de la cage, elle a 16 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre & 60 dents.

925. L'échappement est à repos: le Pendule fait deux vibrations par seconde, &c.

### *Effets des sonneries d'heures & de quarts.*

926. Cette Pendule sonne les heures & les quarts à

## SECONDE PARTIE, CHAP. XII. 261

chaque quart ; & à l'heure elle ne sonne pas de quarts , mais seulement l'heure ; deux rouages produisent la sonnerie des heures & des quarts ; le premier rouage est celui de la sonnerie des heures , laquelle ne sonne que les heures & le second rouage sonne les quarts qui sont à doubles coups , comme dans une répétition : ces doubles coups sont frappés par deux marteaux de la sonnerie des quarts : les heures sont frappées par un seul marteau du rouage de la sonnerie des heures. Il faut donc que pendant 12 heures que la roue de compte reste à faire un tour , ce marteau frappe 4 fois 78 coups , c'est-à-dire , 312 coups : la roue de compte porte 36 chevilles qui servent à élever une détente , pour dégager la sonnerie des quarts , aussitôt que l'heure est sonnée ; à ce moment les quarts sont répétés : la sonnerie des quarts frappe 6 doubles coups par heure , ce qui n'exige que 6 chevilles par heure , parce que les mêmes chevilles font frapper les doubles coups par deux marteaux : les détentes de la sonnerie sont disposées à la manière ordinaire ; la roue de minute porte 4 chevilles , afin de faire sonner l'heure 4 fois par heure.

### *Sonnerie des heures.*

927. La roue de barillet de sonnerie des heures a 3 pouces de diamètre & 96 dents ; elle engrene dans le pignon qui porte la roue de compte ; ce pignon a 12 dents : sur ce pignon est rivée la seconde roue.

928. La seconde roue dont l'axe porte la roue de compte a 33 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre & 104 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue de cheville , qui a 8 dents.

929. La troisième roue ou de cheville a 22 lig.  $\frac{1}{2}$  de diamètre & 96 dents : elle porte 24 chevilles , d'où l'on voit que le marteau doit frapper 312 coups pendant une révolution de la roue de compte , car 8 , nombre de dents du pignon de cheville , est

## 262 DE LA MESURE DU TEMPS.

contenu 13 fois dans le nombre 104 des dents de la seconde roue, qui porte la roue de compte. Or, 13 multipliés par 24 donnent 312.

La roue de cheville engrene dans le pignon de la roue d'arrêt, lequel a 8 dents.

930. La quatrième roue ou d'arrêt a 14 lig.  $\frac{2}{3}$  de diamètre & 72 dents : elle porte deux chevilles pour l'arrêt de la détente ; cette roue fait un tour pendant que le marteau frappe deux coups.

931. La roue d'arrêt engrene dans le pignon de la roue de volan ; ce pignon a 6 dents : la roue de volan a 12 lig. de diamètre & 60 dents, elle engrene dans le pignon de volan, lequel a 6 dents.

### *Sonnerie des quarts.*

932. La roue de barillet de la sonnerie des quarts a 3 pouces de diamètre & 84 dents ; elle engrene dans le pignon de la seconde roue, lequel a 14 dents.

933. La seconde roue a 21 lig.  $\frac{1}{3}$  de diamètre & 72 dents, elle engrene dans le pignon de la roue de cheville ; ce pignon a 8 dents ; son axe prolongé, porte la roue de compte des quarts.

934. La troisième roue ou de cheville a 17 lig.  $\frac{3}{4}$  de diamètre & 72 dents, elle porte 12 chevilles, ainsi elle fait un tour en 2 heures, puisque, comme on l'a vu, il ne se frappe que 6 coups de marteaux des quarts par heure ; cette roue engrene dans le pignon de la roue d'arrêt qui a 6 dents.

935. La roue d'arrêt a 14 lig. de diamètre & 60 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue de volan qui a 6 dents.

936. La roue de volan a 12 lig. de diamètre & 54 dents, elle engrene dans le pignon de volan de 6 dents.

SECONDE PARTIE, CHAP. XII. 263

937. La roue de barillet de la sonnerie des quarts, fait un tour en 108 heures = 4 jours  $\frac{1}{2}$ ; ainsi 6 tours  $\frac{2}{3}$  de ressort, feront marcher la sonnerie pendant 31 jours; ce ressort doit donc faire 8 tours au moins.

938. La roue de barillet de la sonnerie des heures, fait un tour en 4 jours; 7 tours  $\frac{3}{4}$  de ressort, feront marcher la sonnerie pendant 31 jours: ce ressort doit faire 8 tours.

939. La roue de fusée fait un tour en 84 heures = 3 jours  $\frac{1}{2}$ ; ainsi 8 tours  $\frac{6}{7}$  de la fusée, feront marcher l'Horloge pendant 31 jours: cette fusée doit faire 10 tours.

*Fin de la seconde Partie.*

---

**ADDITIONS A LA PREMIERE PARTIE**
**OU SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DES HORLOGES MARINES.**


---

**ARTICLE PREMIER.**

*Dans les petites Horloges à Longitudes, à vibrations promptes & balancier léger, il est préférable de faire rouler la pointe de l'axe de balancier sur un diamant, plutôt que d'employer un ressort, pour suspendre le balancier.*

940. **A**VANT de terminer cet ouvrage, je crois devoir rendre compte d'un changement utile, que je viens de faire à ma petite Horloge à Longitude, n° 1, à ressort, décrite Chapitre IX, n° 226 & suiv. C'est celui de supprimer le ressort de suspension du balancier, pour substituer un diamant, sur lequel roule la pointe de l'axe de balancier, ainsi que je l'ai fait dans ma première Montre Marine, ou n° 3 (a), & dans la petite Horloge, n° 36 (b); ce qui a donné lieu à ce changement, est l'accident arrivé au ressort de suspension du balancier de la petite Horloge, n° 1, dans la campagne qu'elle a faite, sous la conduite de *M. le Comte de Chastaney - Puisegur* \*. Ce ressort de suspension fut cassé par une forte agitation du vaisseau; c'est pour prévenir un tel accident, que je viens de supprimer le ressort de suspension de cette machine, & que j'ai adapté un diamant parfaitement plan & poli, sur lequel roule la pointe de l'axe

(a) Voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 560.

(b) Voy. ci-devant, n° 293 & 296.

\* *Fey*, n° 247.

de

de balancier, correction qui m'a très-bien réussi, car le balancier décrit les mêmes arcs que ceux qu'il parcourait lorsqu'il étoit suspendu par un ressort; & d'ailleurs, par diverses expériences que j'ai faites depuis quelque tems, avec ma première Montre Marine ou n° 3, j'ai reconnu qu'en faisant marcher cette machine horizontalement, la pointe de l'axe, du balancier roulant sur un rubis, les arcs n'ont éprouvé aucun changement par le frottement de la pointe de l'axe, quoique le balancier pèse 105 grains, tandis que celui de la petite Horloge, n° 1, ne pèse que 75 grains  $\frac{1}{2}$ , (n° 274). C'est d'après ces expériences que je vais travailler à faire la même correction aux petites Horloges, n° XXVII : XXVIII, &c. machines dont le balancier fait 6 vibrations par seconde, & ne pèse que 60 grains, (voy. ci-devant, n° 280, 292).

941. Par la correction dont je viens de rendre compte, les petites *Horloges à Longitudes*, n° 1, n° XXVII, &c. feront infiniment plus propres à servir en tems de guerre, & elles rempliront mieux les usages auxquelles je les avois destinées, qui étoit de servir également à terre, & dans le vaisseau (a), (voy. ci-devant, n° 247).

942. De tout ce qui précède, il s'ensuit que l'on ne doit faire usage d'un ressort pour suspendre le balancier, que dans les Horloges qui ont un grand balancier pesant, à vibrations à demi-seconde, comme le font les Horloges, n° 8 à poids, &c. n° XXIV & XXV, à ressort, &c.

(a) Pour rendre le frottement de la pointe de l'axe plus constant, il est important que cette pointe soit de la plus forte trempe, & le diamant parfaitement poli.

## ARTICLE II.

*Pour faciliter les épreuves de l'isochronisme du spiral, il faut que le bras de la boîte de compensation porté par l'axe du pince-spiral, puisse tourner séparément du bras qui porte la boîte du pince-spiral.*

943. L'AXE de la pièce que j'ai appelée *pince-spiral*, & dont l'office opère la correction des effets du chaud & du froid, porte deux bras opposés; le premier bras porte une boîte, dont le bout est fendu pour le passage du spiral; l'autre bras porte la boîte sur laquelle agit la lame composée, où le levier conduit par le chaffis, (n° 177): dans la plupart de mes Horloges, l'axe & les deux bras du pince-spiral, sont formés d'une seule pièce; mais j'ai reconnu par l'usage que cette disposition, quoique plus simple, n'est pas aussi commode, lorsque l'on travaille aux épreuves, servant à trouver le point par lequel un spiral est isochrone: parce que, pour allonger ou raccourcir le spiral, on est obligé de le faire par le piton, ce qui devient pénible. D'ailleurs, lorsqu'il n'y a que des petites quantités à changer pour la longueur du spiral, on ne peut pas le faire si sûrement; c'est par cette raison, qu'il est préférable de faire tourner à frottement le bras qui porte la boîte de compensation, & d'ajuster ce bras avec une vis de pression, qui agisse sur l'axe du pince-spiral. C'est de cette manière que j'ai disposé celui de la petite Horloge, n° 36; & comme en décrivant cette machine, j'ai oublié de parler de cette disposition, ce que je viens de dire, doit y suppléer.

## ARTICLE III.

*Construction à employer pour éviter de démonter le piton de spiral , lorsqu'on nétoie une Horloge.*

944. J'AI fait observer, n° 547, qu'en démontant le piton de spiral, pour nétoyer l'Horloge, il arrivoit souvent, qu'en remontant l'Horloge, les oscillations ne sont plus isochrones, effet qui est particulièrement causé par le dérangement du piton : or, pour éviter cet effet très-nuisible, il est nécessaire en construisant une Horloge, de ne pas fixer le piton immédiatement sur la platine; mais de fixer un pont sur la platine attaché par une vis & deux pieds : c'est sur ce pont que le piton doit être fixé : telle est la disposition que j'ai employé dans les Horloges, n° 1 à ressort, n° XXVII & n° 36. Voy. Planche III, fig. 3, dont *E, F, V*, représente ce pont. Lors donc que l'on démonte l'Horloge, pour la nétoyer, on laisse le piton attaché au pont, & on démonte le pont *E, V*, lequel porte avec lui le piton & le spiral. Et comme ce pont est rendu fixe par des pieds bien ajustés, on est assuré que le spiral ne peut éprouver aucun dérangement, & qu'il conserve son même état de liberté.

## ARTICLE IV.

*Dans les petites Horloges ou Montres à Longitudes, à vibrations promptes, dont le balancier est léger, & tourne entre des rouleaux, il est préférable de rendre ces machines verticales.*

945. 1°. En adoptant la position verticale, on évite le travail assez considérable du ressort de suspension du balancier, & la machine est exposée à moins d'accidens.

L 1 2



946. 2°. Parce que le poids du balancier étant soutenu par les rouleaux, le frottement qu'il éprouve sera plus sûrement & plus constamment le même, que lorsqu'il est soutenu par sa pointe, qui, à la longue, peut s'émausser ou s'ufer.

947. 3°. Parce que la suspension de l'Horloge fera beaucoup plus simple & moins coûteuse, que ne l'est la suspension de l'Horloge, qui est horizontale.

948. 4°. Dans la position verticale de l'Horloge, les portées des pivots, tant des rouleaux que du rouage, n'éprouvent que fort peu de frottement, & dès-lors, les coquerets employés à ces pivots, lorsque l'Horloge est horizontale, deviennent inutiles, ce qui est une diminution de travail.

949. 5°. Dans la position verticale, l'axe de balancier porte constamment sur les rouleaux inférieurs, & par conséquent l'engrenement de l'échappement est toujours le même, & ses effets plus assurés.

950. 6°. Une petite Horloge ou Montre verticale (a); peut au besoin être portée par l'observateur, dans la poche de sa veste, sans difficulté, lorsqu'il veut la transporter d'un lieu à l'autre.

## A R T I C L E V.

*Les Montres à Longitudes portatives, décrites Chapitres XII & XIII, Première Partie, doivent être maintenues autant qu'il est possible, dans la même position verticale.*

951. DANS la description que j'ai donnée de ma première Montre à Longitudes portative, j'ai oublié de dire que

<p>(a) C'est d'après les motifs que je viens d'énoncer que je commençai en Janvier 1781, une grosse Montre à Longitudes, portative &amp; verticale, comme l'est ma première Montre Marine; cette machine est en mer,</p>	<p>&amp; j'espère qu'elle remplira les vues que je me suis proposées. Les figures 4 &amp; 5, Planche III, représentent la disposition de cette Montre; mais les platines &amp; le rouage, sont de la grandeur des figures 2 &amp; 3, même Planche,</p>
--	--

les pointes de l'axe de balancier sont retenues chacune par un rubis, afin que cette machine puisse également marcher, étant placée horifontalement ou verticalement; & en effet, les frottemens sont assez parfaitement égalisés, pour que le balancier décrive la même étendue d'arcs dans ces deux différentes positions, (n° 635); mais malgré cet état de perfection de la Montre, il est très-préférable de maintenir verticalement, autant qu'il est possible, cette machine; c'est la position naturelle d'une Montre portative. On évitera par-là les variations qui peuvent avoir lieu, si le balancier n'est pas parfaitement mis de pesanteur par les diverses positions de la Montre.

952. Ce que je viens de dire sur ma première Montre à Longitudes portative, doit également être appliqué à la seconde Montre décrite n° 369 & suiv. & à toutes les machines de cette espèce.

**F I N.**

## TABLE ALPHABÉTIQUE

### DES MATIÈRES

Contenues dans le Supplément au Traité des Horloges  
Marines, & à l'Essai sur l'Horlogerie.

*Les chiffres indiquent le numéro (ou la page) du texte auquel on doit  
recourir pour l'explication de l'article cherché.*

#### A.

**A**rcs. Limites de l'étendue des arcs de vibrations du Balancier, n. 535. Les arcs décrits par le Balancier, diminuent par le froid, n. 416.

**A**XE de Balancier : lorsque sa pointe roule sur un diamant, elle doit être de la plus forte trempe, n. 311 & n. 941 note (a).

**A**XE. Jeu de l'axe de Balancier entre les Rouleaux, n. 527 & suiv. *Note à ajouter.* Plus le jeu de l'axe entre les Rouleaux est précis, & plus aussi les oscillations, par les grands arcs, tendent à devenir plus lentes que celles par les petits arcs.

#### B.

**B**ALANCIER. Régulateur des Horloges à longitudes, & des Montres de poche, Limites de la force de mouvement, n. 416. Principes sur le Balancier, n. 417. Il ne doit pas être trop pesant pour n'être pas affecté des agitations du vaisseau & des effets de l'artillerie, n. 419. L'effet des agitations sur le Balancier dépend plus particulièrement de sa pesanteur & de son diamètre, que de la nature des vibrations lentes ou promptes, n. 421. De la pesanteur qu'il convient donner au Balancier, selon la nature de sa construction, n. 631 & suiv. Le

Balancier d'une Montre de poche, doit décrire des arcs de même étendue, la Montre étant verticale ou horizontale, 630.

**D**IMENSIONS des Balanciers, régulateurs des petites Horloges à longitudes, n. 248, 274, 292, 311.

— Des Montres à longitudes portatives, n. 368.

— Des Montres de poche, n. 639 & suiv.

#### C.

**C**ADRAN. *Voy.* Instrument à graduer les Cadran.

**C**OMPAS à Michromètre, pour la mesure des lames de ressorts spiraux, n. 519.

**C**OMPENSATEUR isochrone : j'appelle de ce nom un Mécanisme particulier qui sert à rendre les oscillations du Balancier isochrones, lorsque le spiral n'a pas cette propriété, n. 2. Sa Description, n. 3. n. 381, 384. De la manière de régler l'isochronisme par le compensateur, n. 5 & suiv. Notion d'un autre compensateur, n. 219.

**C**OMPENSATION. Mécanisme de compensation du chaud & du froid. Quelle doit être la nature de ses effets, 423 & suiv. Comment assurer ses effets, 530. Description du Mécanisme de compensation que j'ai adapté aux Montres de poche, n. 650.

**C**OMPENSATION du chaud & du froid,

par le Balancier lui-même, n. 661 & & suiv. Sa description, *ibid.*

## E.

**ÉCHAPPEMENT** à vibrations libres. Construction la plus simple de cet échappement (à *détente-ressort* & *levée-ressort*). Sa description, n. 69. Principes de l'échappement libre à détente mise en cage & à levée-ressort, n. 72 & suiv. Tracer sur le calibre l'échappement libre à détente-ressort & levée-ressort, n. 82 & suiv. De l'exécution de l'échappement libre à détente & à levée-ressort, n. 89 & suiv. Direction pour l'exécution de l'échappement libre, n. 99. Observations sur cet échappement, appliqué aux Montres à longitudes, & aux Montres de poche, n. 120. La levée-ressort de l'échappement libre, doit porter un talon d'acier qui tient lieu de la cheville qui élève la détente : ce talon trempé de toute sa force, est formé d'une seule pièce avec la levée-ressort, n. 123. J'ajoute ici que ce talon est préférable à une cheville, parce qu'il ne s'use pas, & que son exécution est aussi facile. Le bout du bras de la détente doit être trempé de toute sa force, n. 123. Enfin la partie du cercle d'échappement, sur laquelle agit le roue pour rendre le mouvement au Balancier, doit être aussi trempée de toute sa force.

**ÉCHAPPEMENTS** à *Roue de rencontre* & à cylindres, employés dans les Montres : défauts de ces échappements, n. 602.

## F.

**FUSÉE.** Méthode de calcul pour trouver le diamètre de la fusée, le ressort étant donné, n. 138, 149.

## H.

**HORIZONTALE.** La position horizontale est préférable à la verticale, dans les Horloges à longitudes, dont le Balancier est grand & pesant, fait des vibra-

tions lentes, n. 233 & 942. *Traité des Horloges Marines*, n. 124.

**HORLOGE** astronomique à trois Cadrans, Rouage simple, ayant quatre Roues. en tout, n. 706 & suiv. Sa description, n. 710 & suiv. Nombres des roues & des pignons du Rouage, n. 717. Profil, 726.

*Horloge* astronomique, Pendule à demi-seconde, à échappement libre, 728. Sa description, 730. Seconde construite de la même Horloge, n. 739 & suiv.

*Horloge* astronomique, marchant quarante deux jours sans être remontée ; Pendule composée à chassis à demi-secondes, échappement libre, n. 743 & suiv. Sa description, n. 752 & suiv.

*Horloge* astronomique à court Pendule, pour la mesure de la pesanteur, n. 816.

*Horloge* à longitude. La justesse de ces Machines dépend particulièrement de trois choses : 1° que le Balancier décrive constamment des arcs de même étendue : 2° que les oscillations d'inégales étendues du Balancier soient isochrones : 3° que le moyen de compensation du chaud & du froid soit immuable, n. 422.

*Horloge* à longitude, à ressort horizontale, construite à dessein de suppléer les grandes Horloges à poids, n. 151. Principes de construction de cette machine, réduite à un petit volume. Un Régulateur puissant, n. 152. Les Roues à égale distance de leurs pivots, n. 153. Des coquerets d'acier sous les pivots, n. 155. L'échappement à vibrations libres, n. 157. Des rubis placés aux points de contact de compensation, n. 158. Détente pour le transport de l'Horloge qui suspend l'action de la compensation, & arrête sûrement le Balancier, n. 159. Compensateur isochrone, n. 160. L'Horloge disposée pour faire usage de la table, composée des arcs & de la température, n. 161. Coquerets d'acier, sous les pivots de compensation, n. 162. Description de cette Horloge, N. xxiv. Elle est horizontale. Le Balancier fait deux vibrations par seconde, suspendu par un ressort, échappement libre, com-

- penfation à chaffis , n. 165 & fuiv. Dimensions de cette Horloge , n. 180 & fuiv. Dimensions d'un Rouage plus petit , convenable à cette Horloge , pag. 56.
- Horloge* à longitude , N. xxv , réduite d'après la précédente , n. 184 & fuiv. Ses dimensions , n. 191 & fuiv.
- Horloge* à longitude , N. iv , à ressort , Balancier , 4. Vibrations par feconde , fufpendu par un ressort , compenfation à chaffis , n. 218. Description de cette Horloge , 220 & fuiv.
- Horloge* à longitude , ( petite ) construite à defsein de fervir à la mer & à terre , de foutenir les commotions de l'artillerie , &c. n. 226 , 229 , 247. Propofition fur l'ifochronifme , n. 227. Principes de construction des petites Horloges à longitude , 229 & fuiv. Le Balancier doit être petit , léger , & faire des vibrations promptes , n. 231. Les frottemens réduits à la plus petite expreffion , n. 232. Le Balancier doit être horifontal , & fufpendu par un ressort. ( Il feroit peut-être préférable de faire rouler la pointe du Balancier fur un diamant , pag. 69 , note a. ) Les pivots du Balancier doivent tourner entre fix rouleaux , n. 234. Employer l'échappement à vibrations libres , n. 235. Le fpiral doit être trempé plié , n. 236. Il doit être ifochrone , n. 237. Au défaut d'un fpiral ifochrone , on peut adapter le compenfateur , n. 238. Employer un mécanifme pour la correction des effets du chaud & du froid , n. 239. Les points de contact de ce mécanifme doivent fe faire fur des rubis , n. 240. Le ressort moteur doit être difpofé pour ne pouvoir casser ni perdre de fa force , 241. Les pivots du Rouage d'un petit diamètre , & les roues légères , &c. n. 242. Placer des coquerets d'acier fous tous les pivots , pour diminuer le frottement , n. 244. Employer une fufpension pour maintenir l'Horloge dans la pofition horifontale , n. 245. L'Horloge placée , marchante dans une voiture , doit être horifontale , n. 246. Construction de cette Horloge , n. 247. Le Balancier fait fix vibrations par feconde ; fon diamètre est de vingt-quatre lignes : il décrit deux cent quarante degrés. Il est fufpendu par un ressort , & les pivots tournent entre fix rouleaux , n. 248. L'échappement à vibrations libres , n. 249. La compenfation par un chaffis , n. 250. Le moteur , un ressort égalifé par une fufée , n. 251. L'Horloge à une fufpension , n. 252. Les heures , les minutes & les fecondes , font concentriques , n. 253. On peut démonter féparément les diverfes parties de l'Horloge , n. 254. Le barillet contient deux ressorts , placés fur le même arbre , n. 260. Description de cette Horloge , n. 259 & fuiv. Ses dimensions , n. 274.
- Horloge* à longitude , N. xxvii. Rectifiée d'après celle N. I. n. 275. Employer un feul ressort , n. 276. Simplifier le rouage , n. 277. Réduire les cages , n. 278. Employer la lame compofée pour la correction des effets du chaud & du froid , n. 279. Description de cette Horloge , n. 280 & fuiv. Ses dimensions , n. 292.
- Horloge* , N. 35 , pour les Vaisseaux Marchands , n. 377. Sa description , 379 & fuiv. Ses dimensions , n. 387.
- Horloge* à longitude , N. 36. Petite Horloge portative , construite à defsein de marcher verticalement , horifontalement ou inclinée , placer quatre masses au Balancier , n. 295. Difpofition à donner au Balancier , pour n'employer que trois rouleaux , n. 294. Description de cette petite Horloge , n. 298 & fuiv. Ses dimensions , n. 311. La pofition verticale est la plus convenable à cette Horloge , n. 945. Il faut employer une fufpension pareille à celle représentée , Planche V , Fig. 1.
- Horloge* à longitude. Petite Horloge , N. 37. Réduite d'après , N. 36. n. 319. Ses dimensions , n. 321 & fuiv.
- Horloge* à longitude , à poids , réduite au plus petit volume , n. 406. Obftacles des grandes Horloges à poids , n. 407. Limites de la force de mouvement du régulateur , n. 416. Construction de cette

cette

cette Horloge , n. 428 & suiv. Élévation , n. 436. Calcul pour trouver le diamètre du cylindre , n. 438. Dimensions du Rouage , n. 439. La pointe de l'axe de Balancier roule sur un diamant , n. 444. Le même plan peut servir à une Horloge à ressort , n. *ibid.* Description de la petite Horloge à poids , n. 445 & suiv.

*Horloge* à longitude verticale à poids , n. 485. Le Rouage composé de quatre roues en tout. Le Balancier , une vibration par seconde. L'échappement libre , n. 486. Un des pivots de Balancier , tournant sur deux rouleaux , & l'autre dans un trou , n. 487. La compensation par une lame composée , n. 490. Dimensions & nombre du Rouage , n. 491. Description de cette Horloge , n. 498 & suiv.

## I.

ISOCHRONISME. *Voy.* Spiral.

INSTRUMENT à graduer les Cadran , n. 510 & suiv.

*Instrument* pour l'épreuve de l'isochronisme des petites Horloges & des Montres , & pour régler les Montres de poche dans leurs diverses positions verticales , horizontales ou inclinées , n. 517.

*Instrument* pour calibrer les lames des ressorts spiraux , n. 522.

## M.

MÉCHANISME de compensation. *Voyez* Compensation.

MONTRE à longitude portative , (ma première) page 101. Sa disposition , n. 345. Le Balancier se meut entre six rouleaux , n. 345. Il fait six vibrations par secondes : le spiral isochrone , n. 348. L'échappement à vibrations libres à détente-ressort & levée-ressort , n. 350. Des masses au Balancier , n. 351. Les heures , les minutes & les secondes ont chacune leurs cadrans , n. 352. La compensation par un châssis , n. 353. Description de cette Montre , n. 354 & suiv. Ses dimensions , n. 368. Les bouts de l'axe du Balancier , main-

tenus par des rubis , n. 351. La position naturelle de cette Montre est la verticale , n. *ibid.*

*Montre* à longitude portative simplifiée d'après la première , n. 369. Sa disposition la même que celle de la petite Horloge , n. 36. Compensation à lame composée , &c. n. 370. Le Balancier fait six vibrations par seconde , tourne entre trois rouleaux n. 371. Sa description , n. 373 & suiv. Ses dimensions , n. 376. Sa position doit être verticale , n. 352.

*Montre* Marine , la plus simple : les pivots de Balancier tournant dans des trous , n. 388. Elle doit être horizontale ; le pivot inférieur du Balancier roulant sur un diamant , le Balancier fera quatre vibrations par seconde , n. 396. Il faut employer une suspension à la Montre , n. *ibid.* Description de cette Montre , n. 397 & suiv.

*Montres.* Je distingue en trois espèces les Montres portatives , n. 605. La première , les Montres ordinaires , dont la compensation est produite par les huiles , n. 606. La seconde , les Montres astronomiques , dans lesquelles j'ai appliqué un mécanisme pour la compensation du chaud & de froid , n. 607. La troisième , les Montres à longitudes , *ibid.*

*Montres* de poche. Causes de leurs variations : 1<sup>o</sup> les frottements des pivots & les résistances variables des huiles , n. 592 ; 2<sup>o</sup> les changements de température , n. 593 & suiv. 3<sup>o</sup> les différences dans leurs positions , n. 596. 4<sup>o</sup> Les agitations du porté , n. 597. 5<sup>o</sup> La chaleur du gousset , qui dessèche les huiles , &c. n. 598. 6<sup>o</sup> La mauvaise qualité des huiles , n. 599. 7<sup>o</sup> Les défauts du ressort moteur , n. 600. 8<sup>o</sup> Les mauvais engrenages , n. 601. 9<sup>o</sup> Les vices des échappements employés dans les Montres , n. 602. 10<sup>o</sup> Les oscillations d'inégales étendues du Balancier , qui ne sont pas isochrones , n. 603. Principes de construction des Montres portatives. Leur justesse doit être fondée :

M m

- 1° sur la réduction des frottements, n. 613. 2° Sur la nature des oscillations du Balancier, qui doivent être isochrones, n. 614. 3° Sur la compensation des effets du chaud & du froid par un mécanisme de compensation, n. 615. 4° Sur la nature de l'échappement; celui à vibrations libres, n. 616. 5° En employant un ressort moteur bien fait, qui ne soit pas dans un état forcé, 617. 6° Que la Montre ne cesse pas de marcher pendant qu'on la remonte, n. 618. 7° Sur la perfection du Rouage formé par des petites roues & des pignons nombrés.
- Montres.** Des épreuves qu'il faut faire subir aux Montres astronomiques, n. 621. 1° Déterminer le poids du Balancier avec ses pivots, n. 623. 2° Régler l'isochronisme des vibrations par le spirale, n. 624. 3° Régler la pesanteur du Balancier, n. 625. 4° Régler la quantité de force motrice, n. 626. 5° Régler la Montre *plate & pendue*, n. 627. 6° Examen du mécanisme de compensation, n. 628. 7° Régler la compensation du chaud & du froid, n. 629.
- Observations sur la construction des Montres de poches.* Art. I. Du poids du Balancier, selon la nature des trous dans lesquels les pivots tournent, n. 630 & suiv. Art. II. Régler une Montre dans ses diverses positions par quatre masses, placées au Balancier, n. 642. Art. III. Du rapport de la force motrice avec le Balancier, selon la nature de l'échappement, n. 643. Art. IV. Divers moyens à employer dans les Montres pour la compensation du chaud & du froid, n. 644.
- Montre astronomique à compensation**, exécutée en 1764. Principes qui ont servi à sa construction, n. 668 & suiv. Dimensions de cette Montre, n. 680.
- Montre.** Seconde Montre astronomique à compensation, exécutée en 1766, n. 681 & suiv.
- Montre.** Troisième Montre astronomique à trois Cadrons, le Balancier quatre vibrations par seconde, l'échappement libre, spirale isochrone, compensation à lame composée, n. 695. & suiv. Sa description, n. 699 & suiv. Nombre des roues & des pignons, n. 705.
- O.
- Outil à Noyures**; il sert aussi à percer & à aggrandir bien droits les trous de pivots, &c. n. 525.
- P.
- PENDULE composé à baguettes ou tringles**, n. 718. Ses dimensions, n. 727.
- Pendule composé à demi-secondes**, à châssis, n. 730 & suiv. Ses dimensions, n. 785. Méthode de calcul pour trouver les dimensions des Pendules composés, n. 794 & suiv. De la manière d'éprouver les courts Pendules composés, n. 806.
- Pendule composé à demi-secondes à tringles**, n. 776. Ses dimensions, n. 779.
- R.
- RÉGULATEUR des Horloges à longitudes & des Montres.** Voyez Balancier.
- RESSORT MOTEUR des Horloges à longitudes**, n. 130. Les petits ressorts s'exécutent avec plus de perfection, n. 131. Qualités requises dans un Ressort, n. 132 & suiv. Epreuves servant à trouver la quantité de force motrice pour les arcs donnés que doit décrire le Balancier, n. 138. Epreuve pour connoître si le Ressort a la force convenable, & sans se servir de la fulcée, 142, 143 & suiv. Méthode pour déterminer à coup sûr le diamètre & la figure de la fulcée, n. 149. Moyen pour affaiblir un Ressort moteur un peu trop fort, n. 150.
- S.
- SPIRAL cylindrique**, n. 26.
- SPIRAL Ressort réglant**, doit être trempé plié, pour conserver sa figure, n. 24. La lame qui forme le Spiral doit être faite en fougère le plus fort au centre, n. 25. Dimensions des lames de ressorts spiraux, isochrones, n. 28, D6-

- rails des procédés servant à l'exécution des ressorts spiraux, n. 33 & suiv. De la manière de tremper les ressorts spiraux tout pliés, n. 58, 59. Comment on doit redresser un spiral dérangé par la trempe, & lui rendre la figure, le bleuir, &c. 65. Eprouver un spiral sur la balance élastique, pour voir s'il est isochrone, n. 66. Spiral prêt à tremper, n. 523.
- SPIRAL.** Epreuves de l'isochronisme du spiral, n. 536. Il faut à chaque fois que l'on démonte une Horloge revoir l'isochronisme, n. 545. Règles à suivre dans ces épreuves, 547 *Proposition sur l'Isochronisme.* Les plus grands arcs sont plus isochrones entr'eux que les petits, n. 533.
- SUSPENSION DU BALANCIER.** ( Ressort de ) On ne doit en faire usage que dans les grandes Horloges, dont le Balancier est pesant, d'un grand diamètre, & fait des vibrations lentes, n. 942.
- SUSPENSION des petites Horloges à longitudes horizontales,** n. 313 & suiv. Suspension plus simple, n. 335. & suiv.
- SUSPENSION des Horloges verticales,** n. 498.
- T.
- TABLE composée des Arcs & de la Température.** Epreuves servant à la formation, n. 562 & suiv. Voyez cette Table, pag. 171.
- TABLE de la Température.** Voy. Traité des Horloges Marines, pag. 504, n. 1443. La manière de la former cette Table, n. 1441, pag. 506.
- V.
- VÉRIFICATIONS de l'Horloge à longitudes,** après qu'elle est remontée, n. 552 & suiv.
- VERTICALE.** La position verticale est préférable à l'horizontale pour les petites Horloges ou Montres à longitudes dont le Balancier est petit, léger, & fait des vibrations promptes, n. 945. C'est aussi la position la plus convenable aux Montres à longitudes portatives, n. 952.

*Fin de la Table des Matières.*

---

## A P P R O B A T I O N.

**J'**AI examiné par ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux un Ouvrage intitulé : *De la Mesure du Temps*, &c. par M. FERDINAND BERTHOU, c'est un Supplément utile aux Ouvrages importans qu'il a donnés sur l'Horlogerie, & il m'a paru très-digne de l'impression. A Paris, le 13 Janvier 1787.

DE LA LANDE, Censeur Royal.

---

*Le PRIVILÈGE se trouve à la fin du Traité des Horloges Marines.*



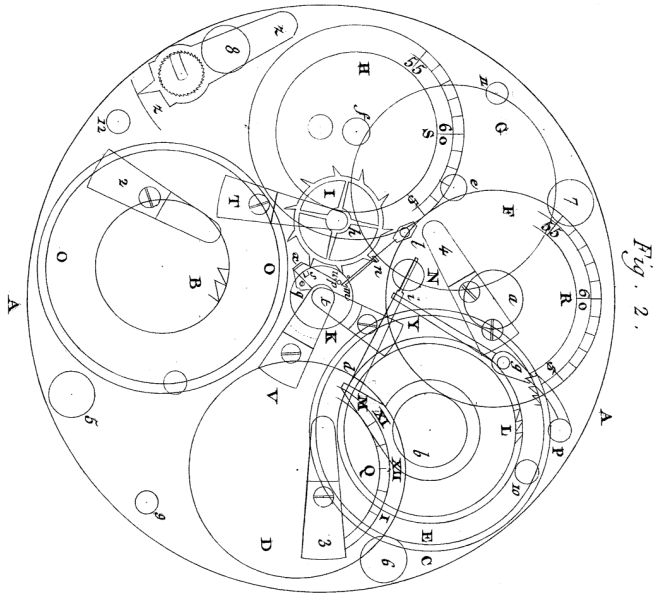


Fig. 2.

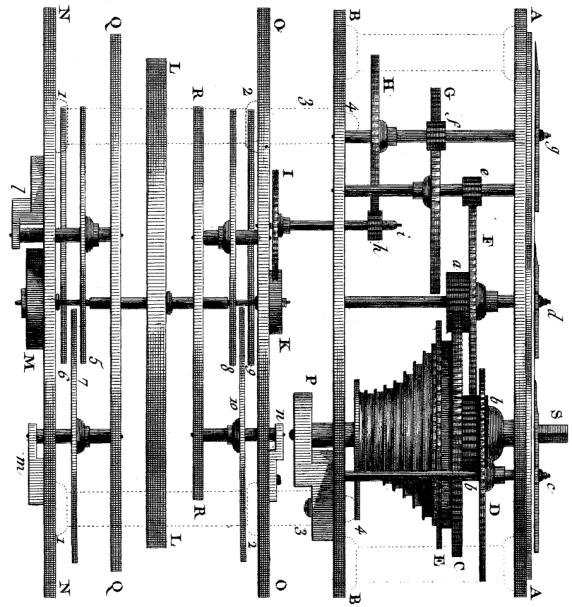


Fig. 1.

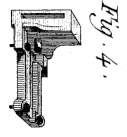


Fig. 4.

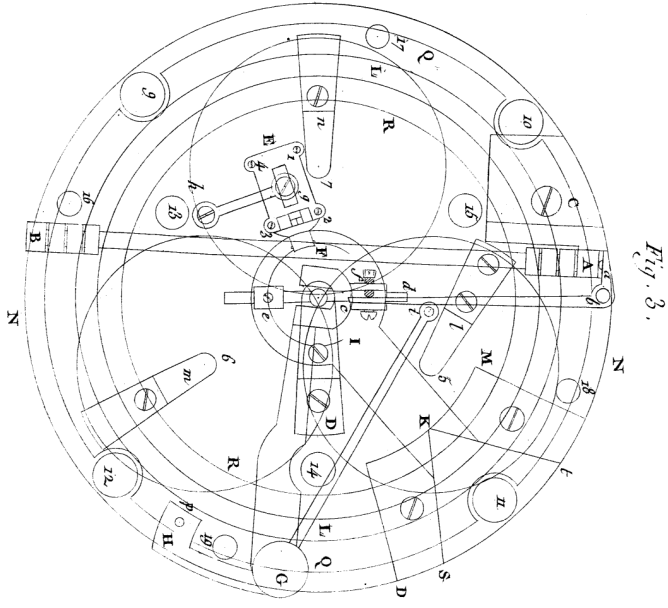


Fig. 3.

124641

PP. 1860/1861

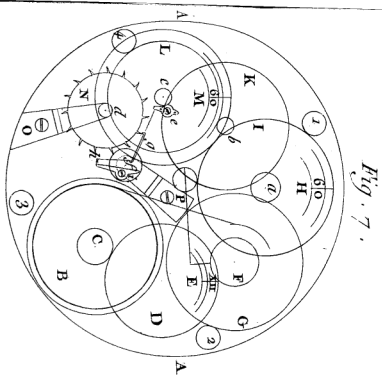


Fig. 7.

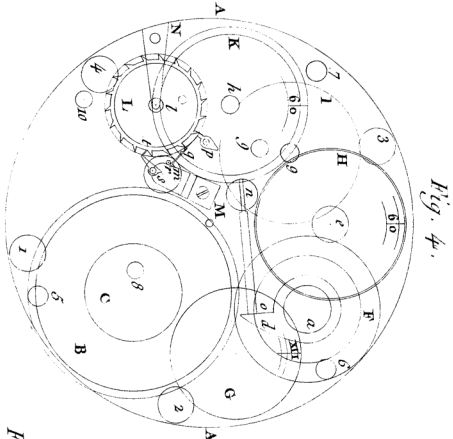


Fig. 4.

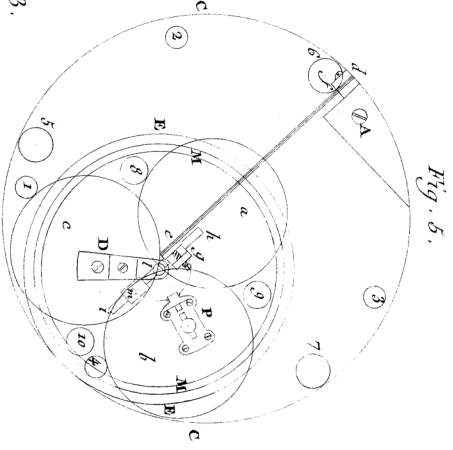


Fig. 5.

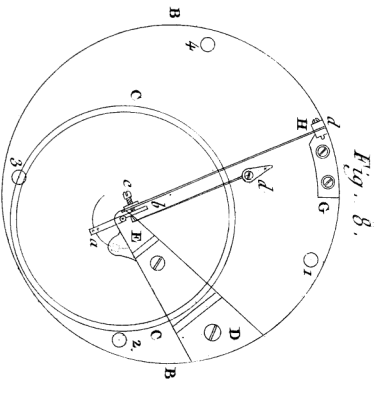


Fig. 8.

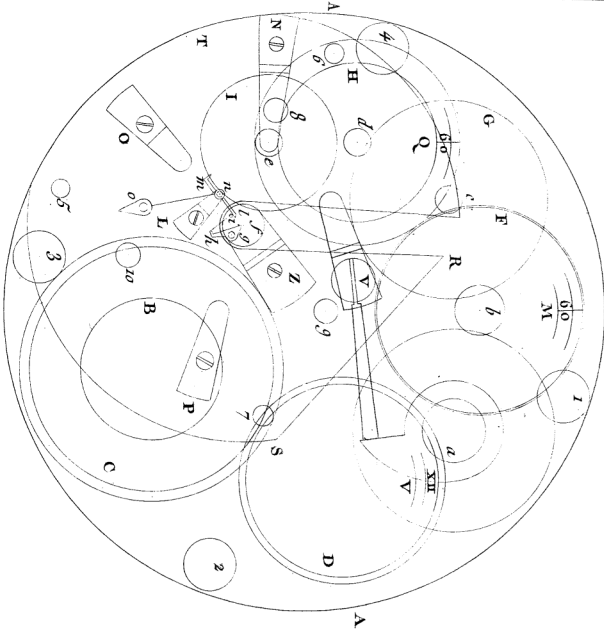


Fig. 1.

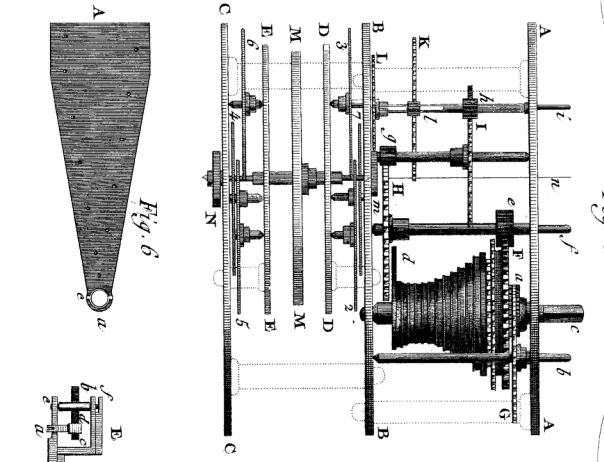


Fig. 3.

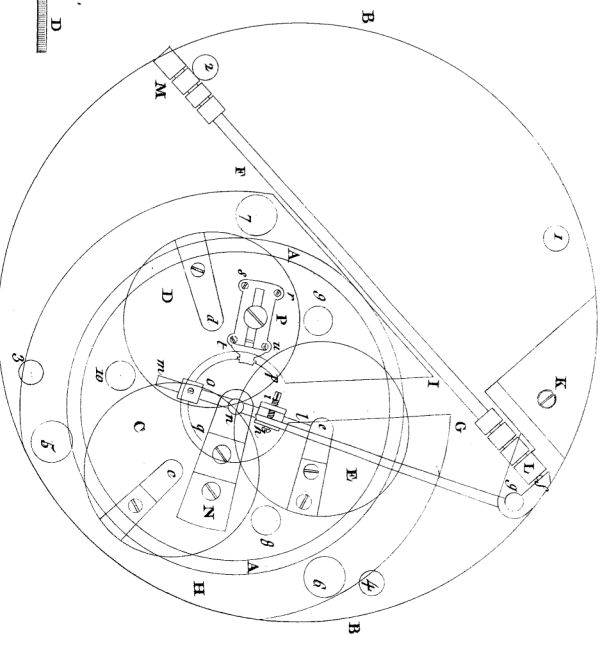


Fig. 2.



Fig. 6.

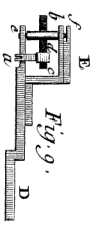


Fig. 9.

28. 1821.

par Clouffard & Comp.

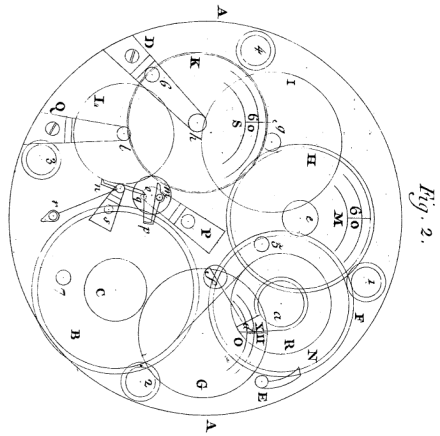


Fig. 2.

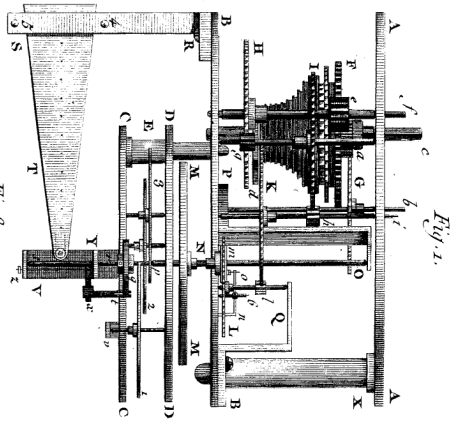


Fig. 1.

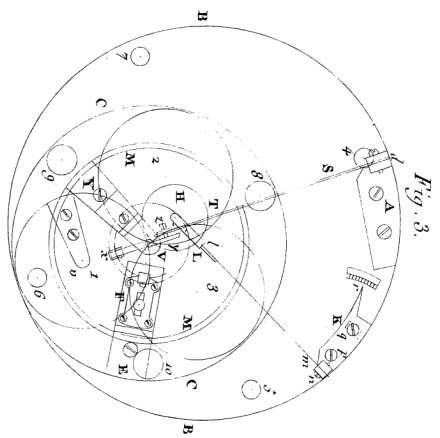


Fig. 3.

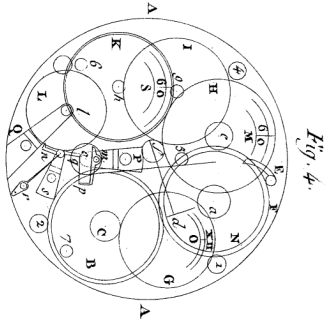


Fig. 4.

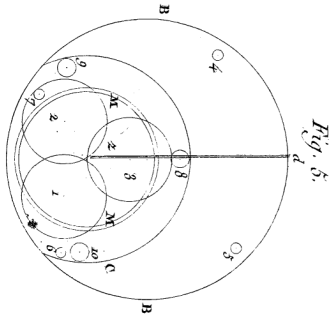


Fig. 5.

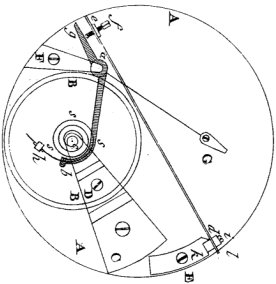


Fig. 8.

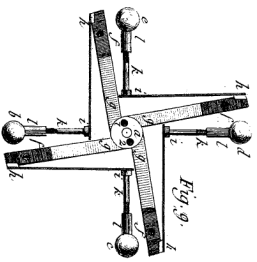


Fig. 9.

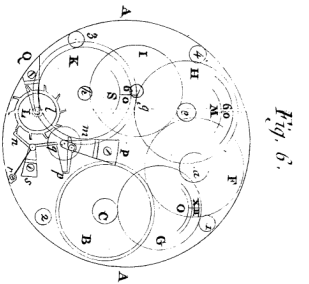


Fig. 6.

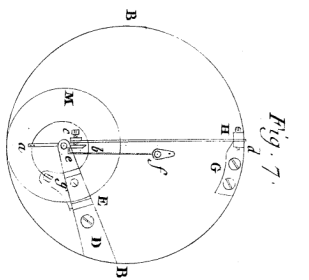
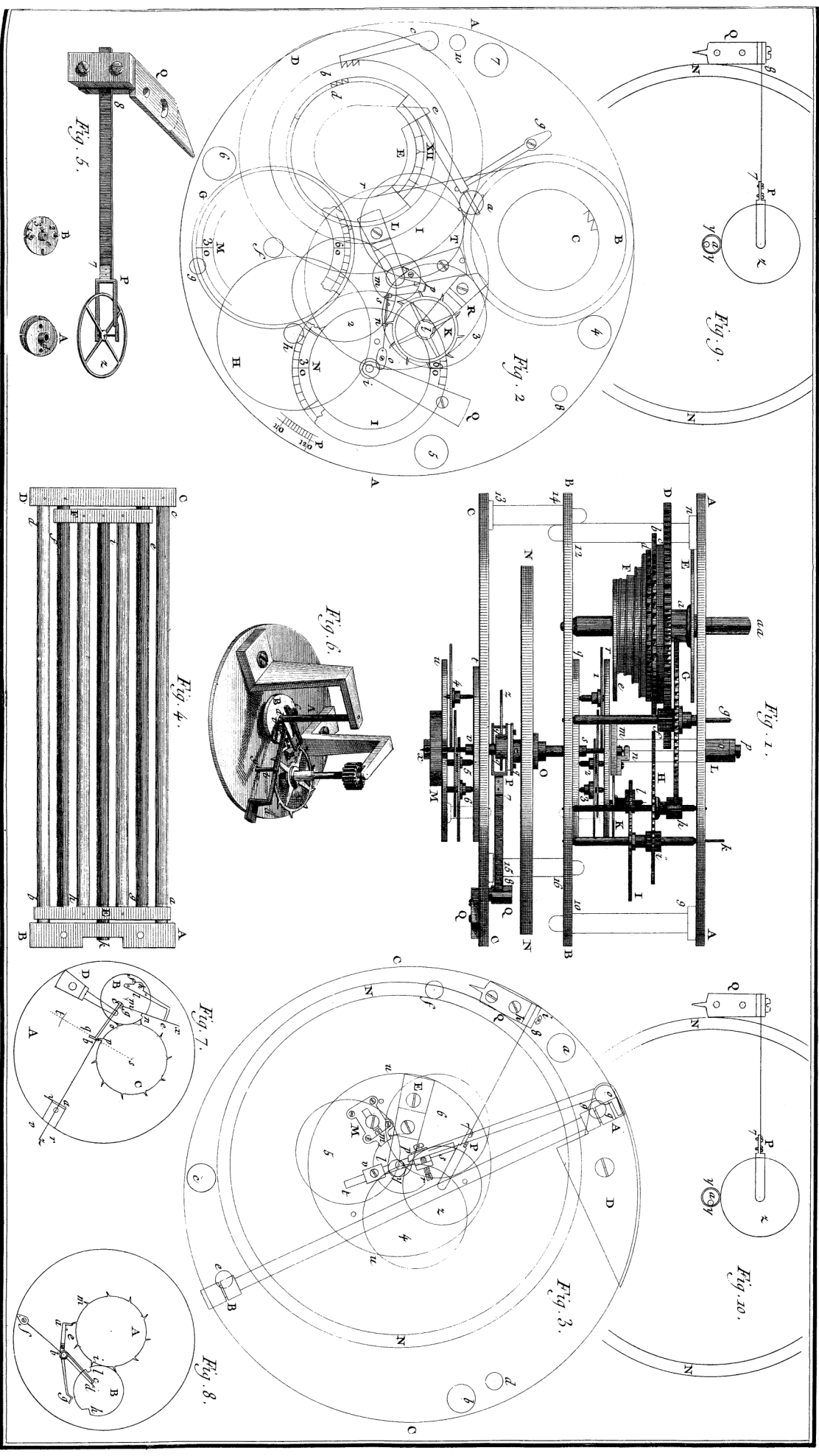


Fig. 7.



P. B. del.

per. Chignard & Comp.

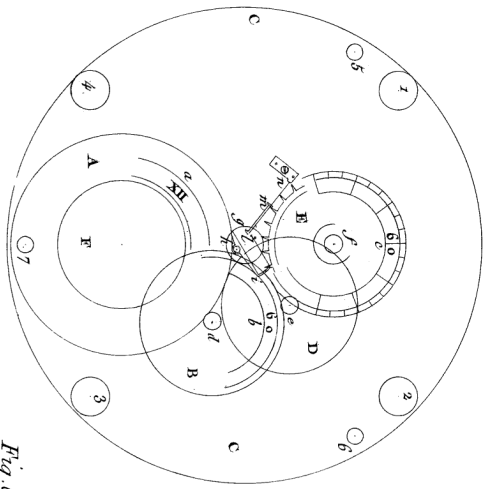


Fig. 2.

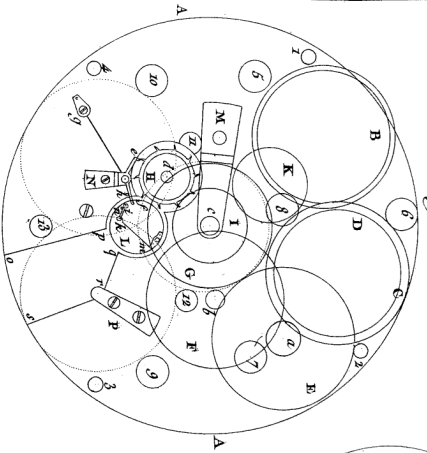


Fig. 4.

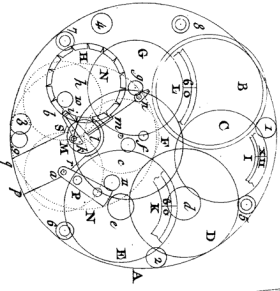


Fig. 6.

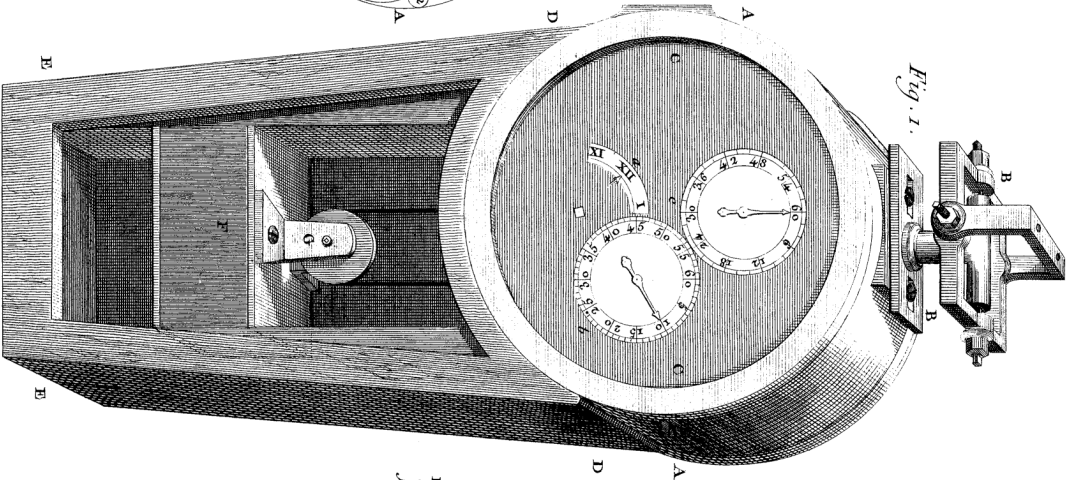


Fig. 1.

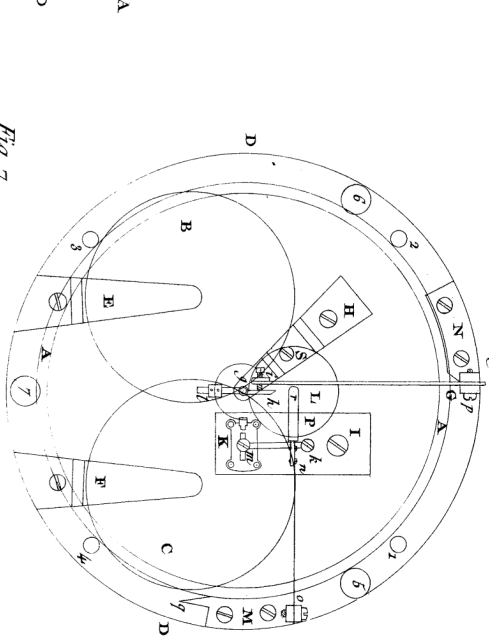


Fig. 3.

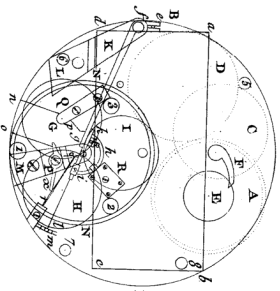


Fig. 7.

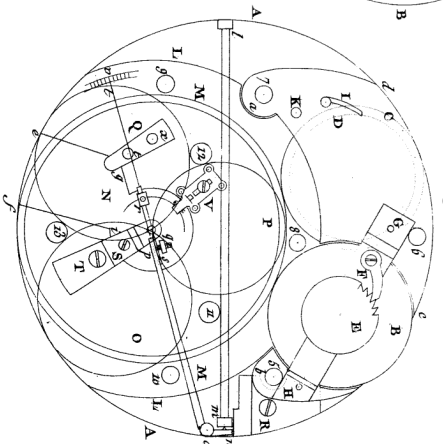
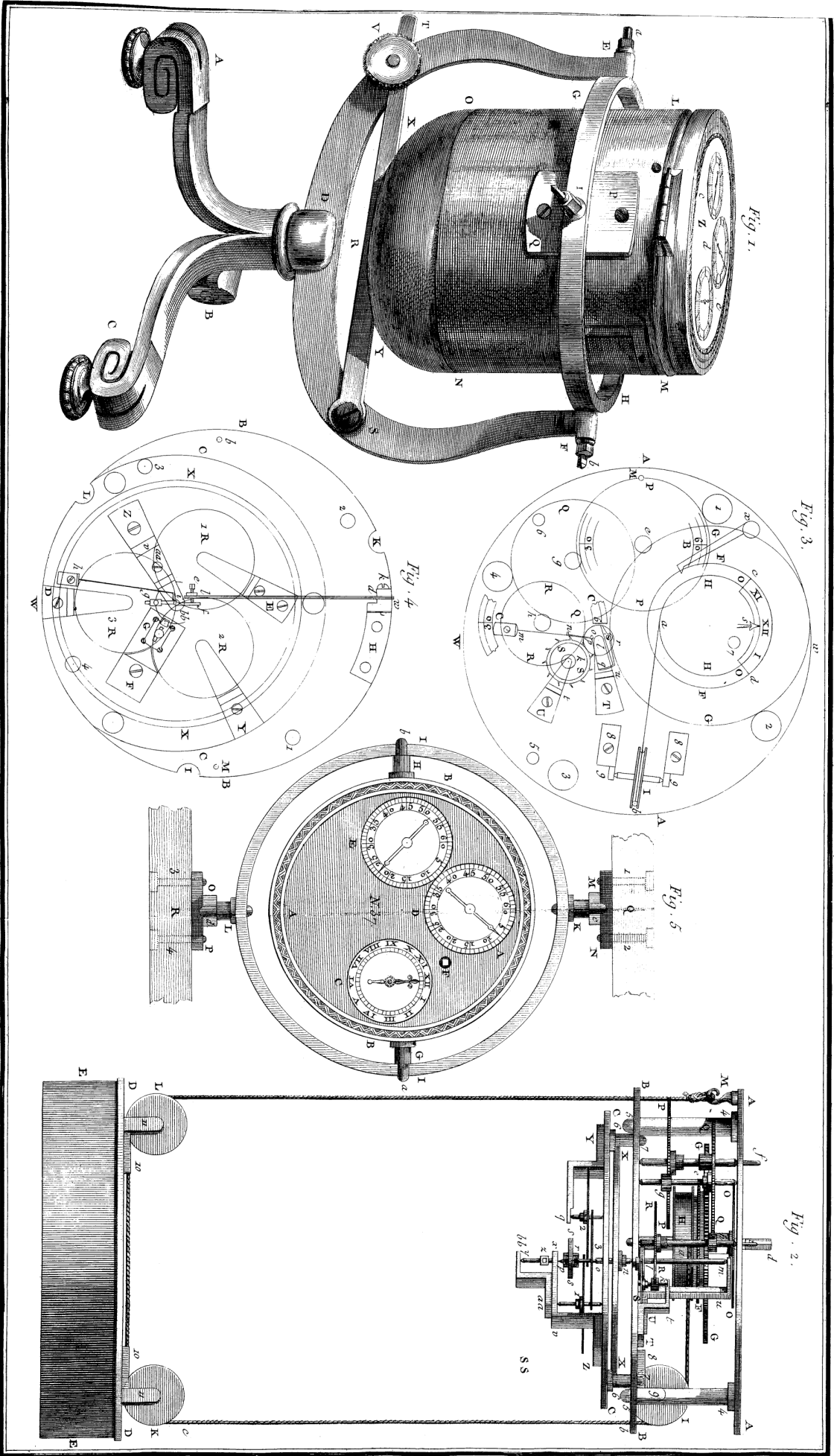


Fig. 5.

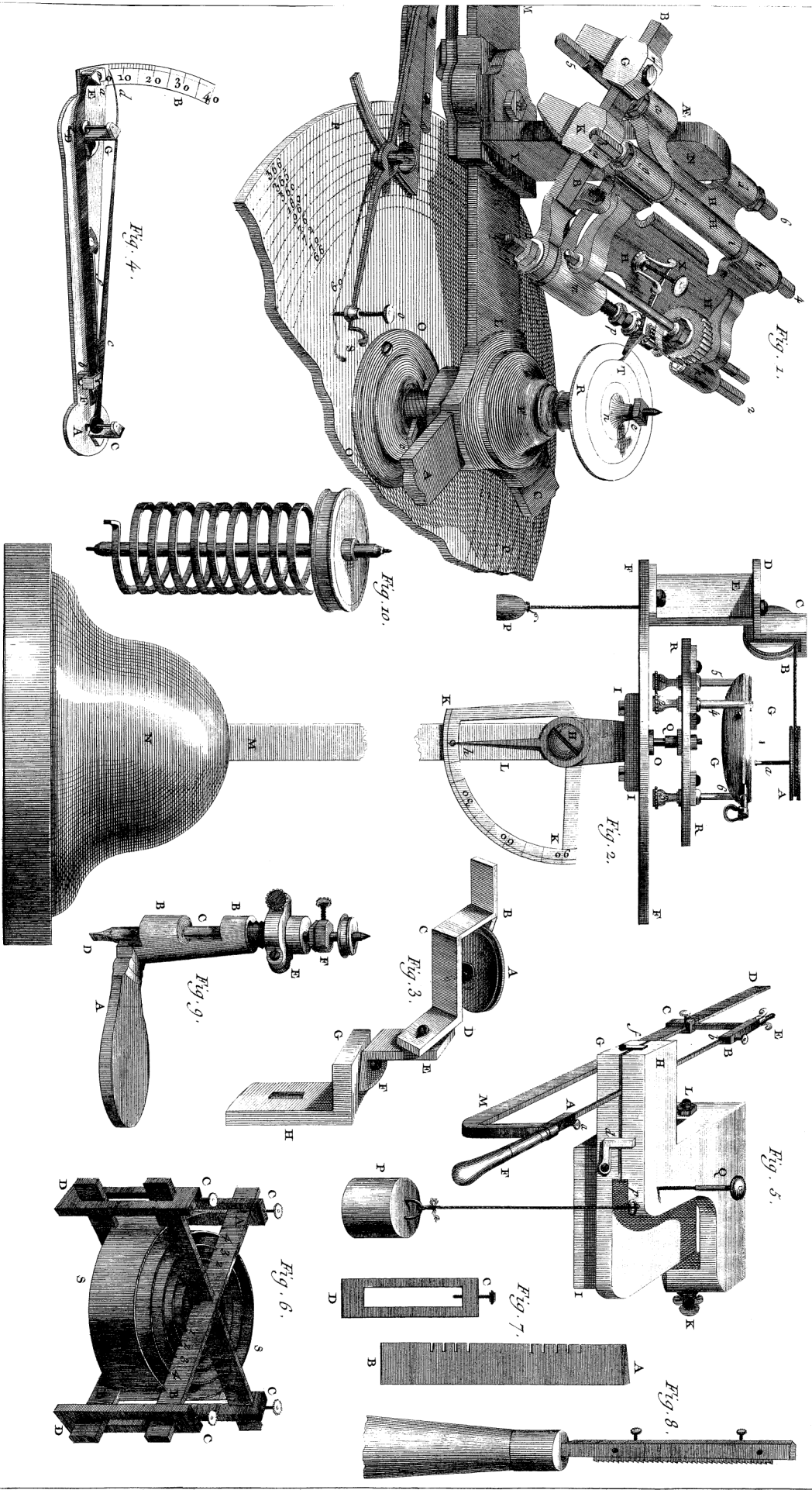
B. del.

J.P. Chiffard Sculp.



P. Br. del.

pp. Chevalier Sculp.



Non del.

Mr. Clifton & Sons.

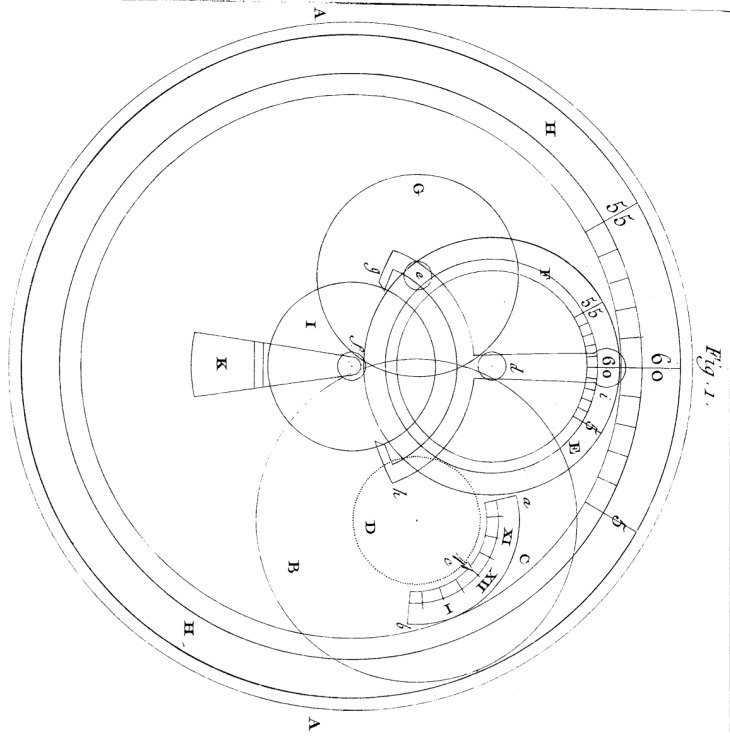


Fig. 1.

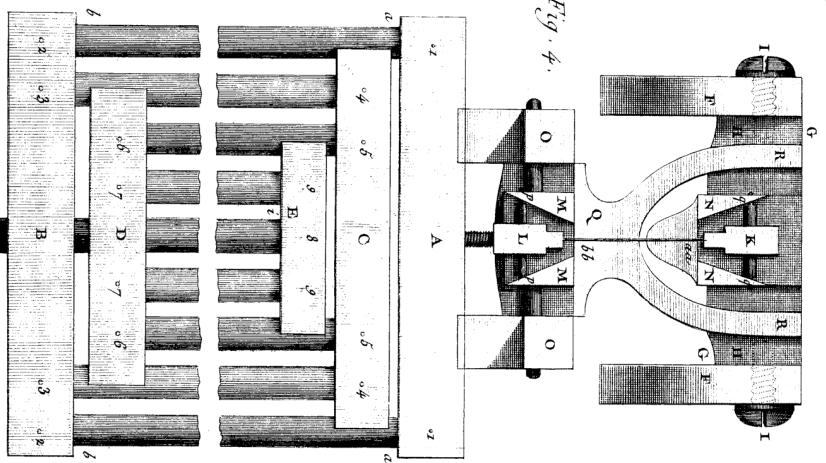


Fig. 4.

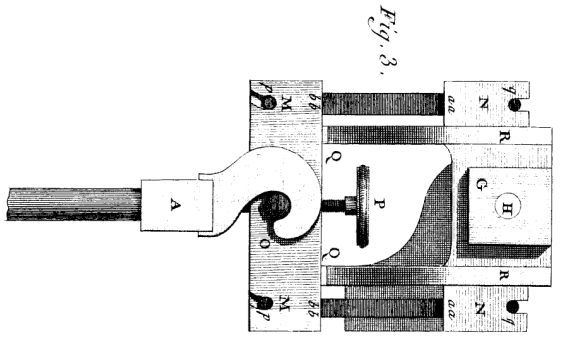


Fig. 3.

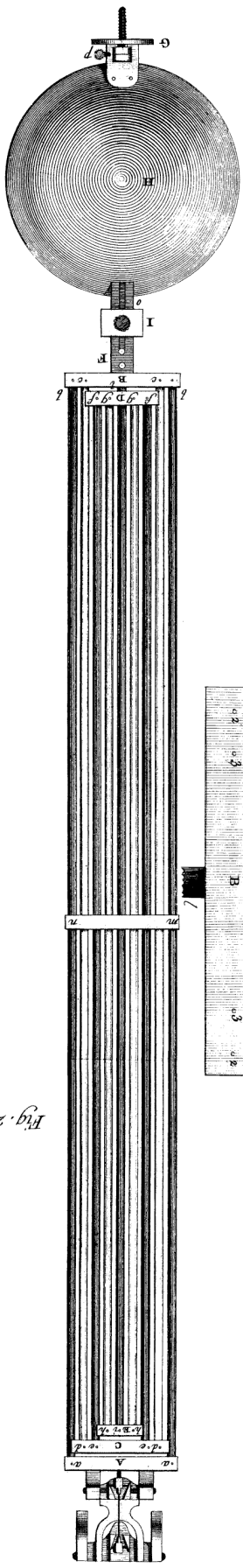
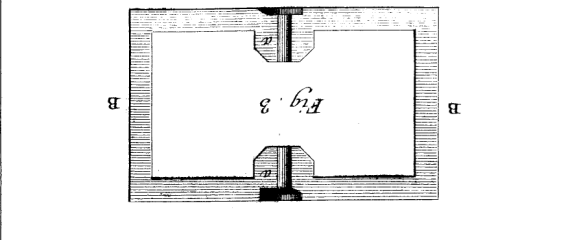
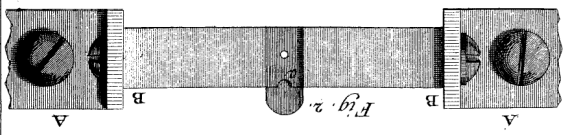
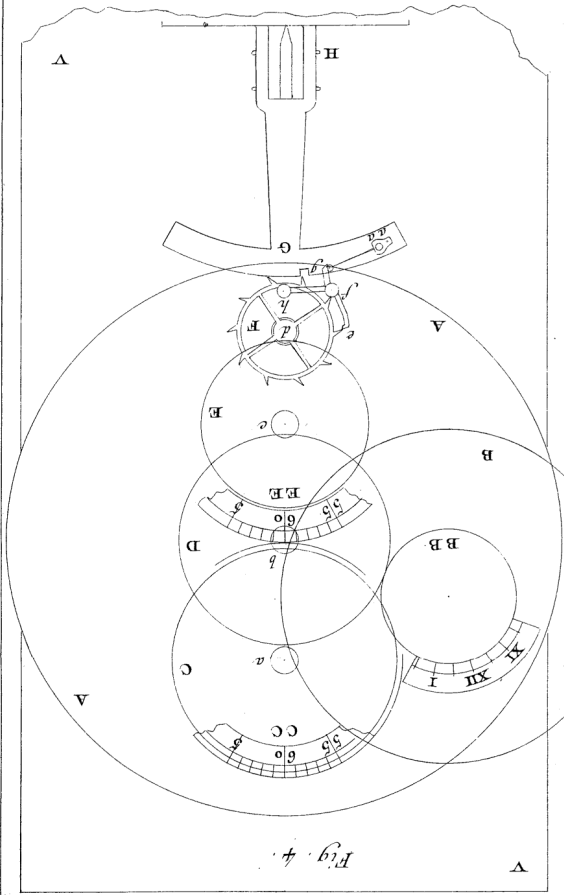
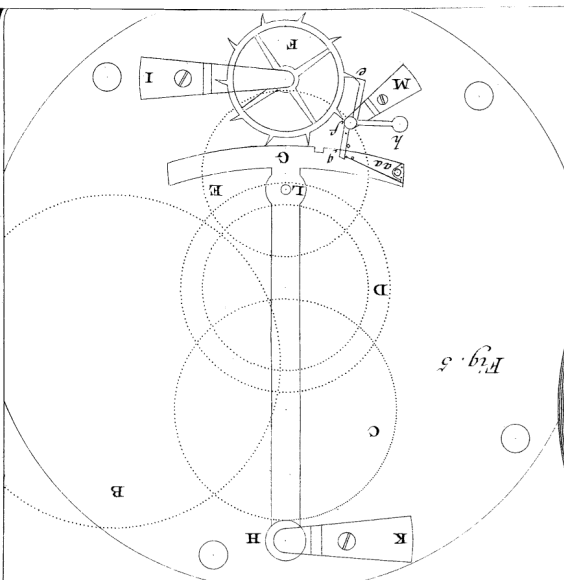
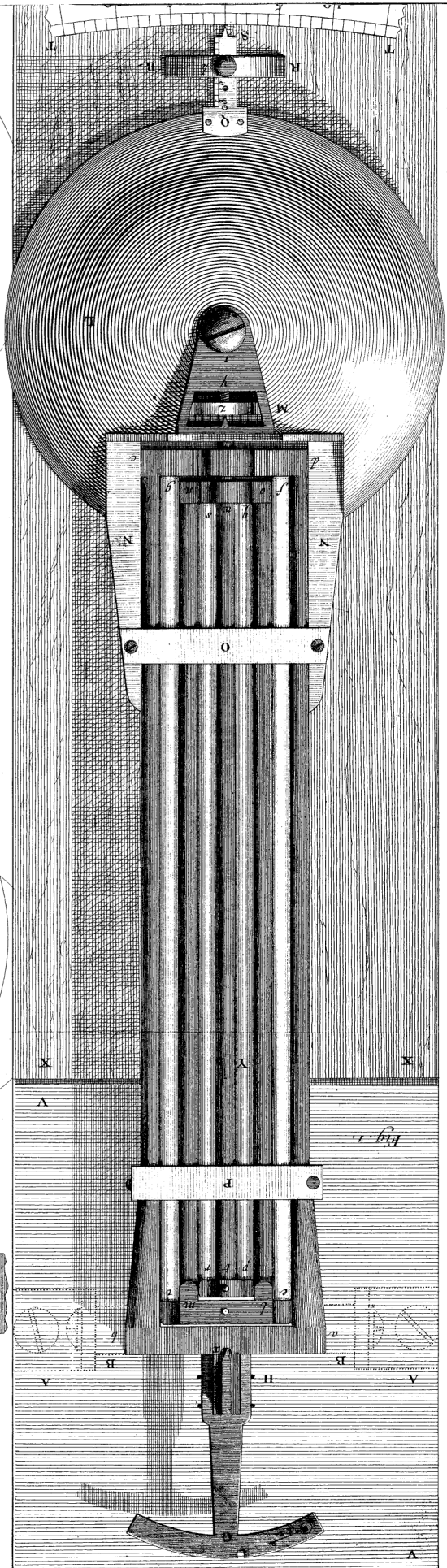


Fig. 2.

Passer del.

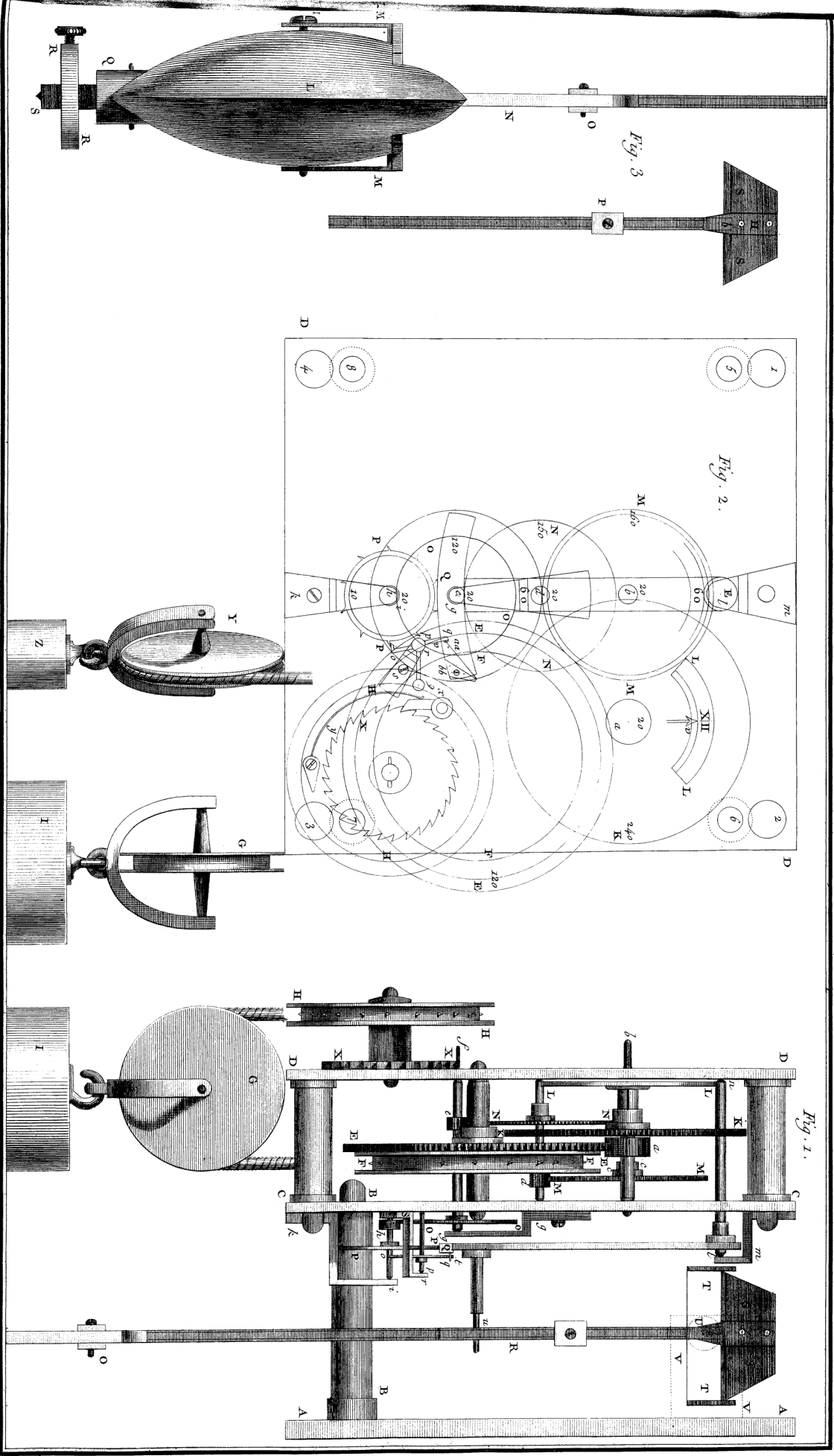
Pin Ouglissat. Sculp.





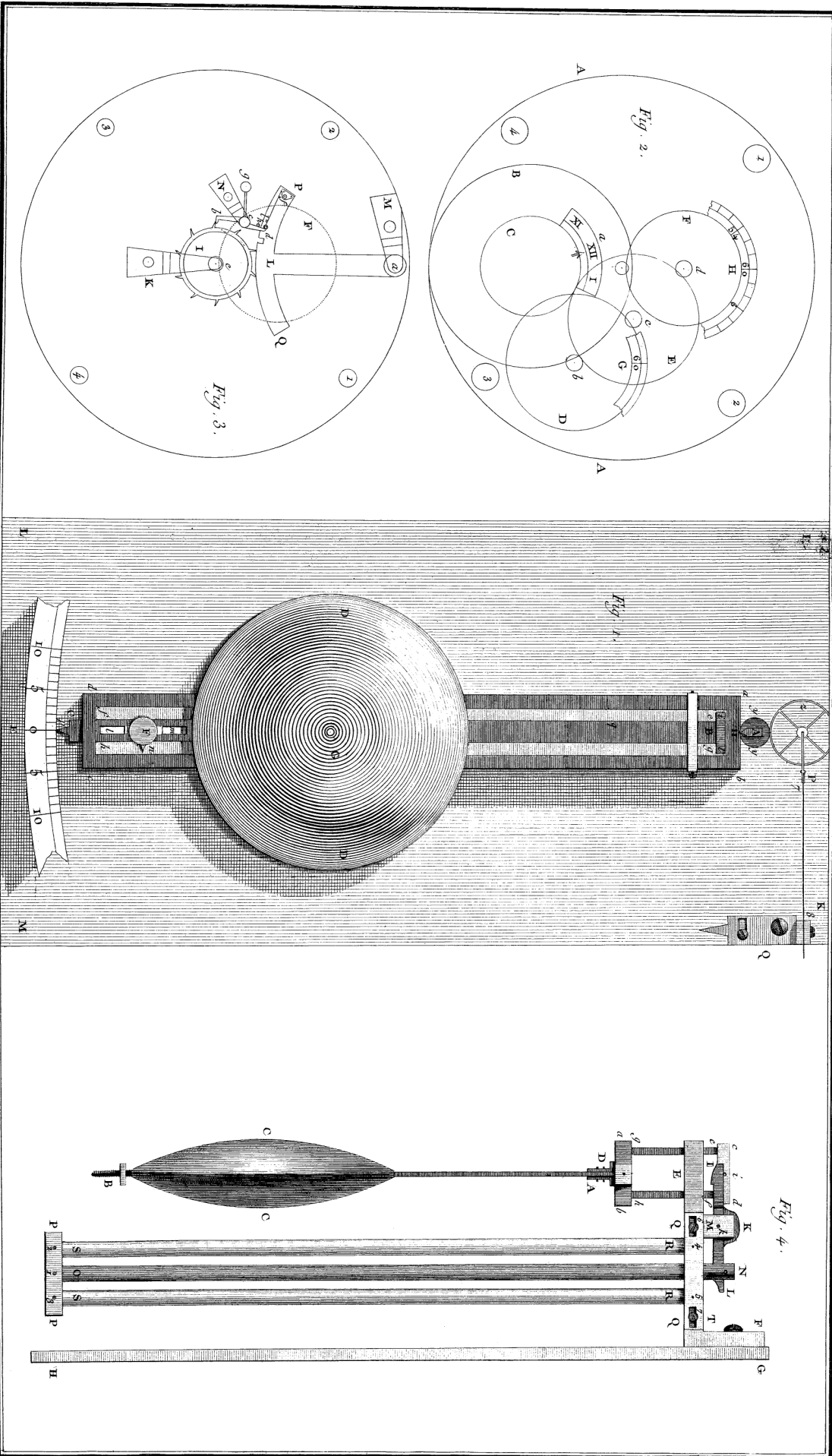
*un. del.*

*Pp. Chiffard sculp.*



Hogber del.

pp. Clouffard sculp.



*Roemer del.*

*Per. Choffard sculp.*