ISSN
0769-0177

HORLOGES ET HORLOGERS

MAITRISE ET MESURE DU TEMPS

LA COUVERTOIRADE 18 JANVIER 2004

DANS L'HERAULT

DOSSIER N° 4 - 2004

ARTS ET TRADITIONS RURALES

NAVIGATION et CHRONOMETRES de MARINE

Texte et dessins de **Jean-Charles CIANA** Mise en page et photos Lucien JOSIEN

SOMMAIRE

1) **Introduction** de **Pierre-Yves SOGUEL**, La Chaux de Fonds, selon sa communication parue dans le Journal Suisse d' Horlogerie de Janvier 2001.
2) **Les grands inventeurs**, leurs machines à la recherche de la longitude (1650-1830).
3) **Les perfectionnistes** de la chronométrie de marine de 1850 à 1950.
4) **Un chronomètre** de marine représentatif de ceux généralement utilisés de 1880 à 1960.

Préambule : Précisons que les textes, photos ou dessins qui suivent, se rapportent à l'époque précédant la " radionavigation " (basée sur les radiobalises omnidirectionnelles, relayées principalement par satellites), ceci étant valable autant pour la navigation aérienne que maritime.
On peut situer l'utilisation progressive de la radionavigation entre 1952 et 1972. Cette période a rendu peu à peu obsolète l'usage des chronomètres de marine mécaniques qui nous occupent aujourd'hui.

1) INTRODUCTION

Un peu d'histoire
Depuis la nuit des temps, l'homme a ressenti le besoin de se situer, de localiser des points d'intérêt (points d'eau, abris, réserves de nourriture,...) pour pouvoir y revenir ou y envoyer ses congénères. Sur les continents, il a fait appel à sa mémoire visuelle, utilisant les reliefs du terrain faciles à décrire, pour se diriger. Lorsqu'il a entrepris d'explorer les mers, de découvrir d'autres continents, il s'est trouvé face à l'immensité bleue des océans, exempte de tout repère visuel. La science émergente lui a apporté les moyens de construire des aides à la navigation, d'abord rudimentaires et peu précises. Les intérêts militaires stratégiques et la maîtrise des routes commerciales ont rapidement fait apparaître une nécessité évidente. Pour savoir où l'on va, il faut savoir où l'on est et si possible d'où l'on vient. Pour organiser une mission, il faut prévoir sa durée et connaître le temps. Un vieux proverbe marin ne dit-il pas " il n'y a pas de vents favorables à qui ne sait où il va" ?

Boussole, sextant, table éphéméride et chronomètre de marine.
Le premier développement intéressant fût ***la boussole***, après que la physique eût expliqué le magnétisme et les pôles terrestres. Cet instrument a subi quelques améliorations (amortissement des oscillations par immersion dans un bain de silicone, etc...), mais il ne sert toujours qu'à indiquer le Nord magnétique. Il subit un phénomène naturel appelé déclinaison magnétique, qui est un écart, dépendant de la position et du temps, du pôle magnétique, par rapport au pôle géographique. La boussole (ou compas magnétique) est, de plus, sensible à des masses métalliques situées dans son proche environnement, qui perturbent son fonctionnement.
Pour déterminer une position géographique, l'indication de la boussole doit être conjuguée avec les indications d'une carte topographique de la région, et trois mesures au moins sont nécessaires. Il est indispensable aussi de disposer d'amers (repères visuels) identifiables. Elle ne permet donc pas de se situer en mer.

Les progrès de l'astronomie conduisirent les navigateurs à utiliser des repères de la voûte céleste (Soleil, Lune, étoiles). La navigation astronomique était née.

Cette méthode classique, utilisée le plus souvent en haute mer, utilise les corps célestes qui ont été identifiés et regroupés en constellations depuis l'Antiquité. Elle permet de voyager pendant des milliers de milles sans repères terrestres. Cependant, ce système de navigation est limité dès qu'une faible visibilité, causée par les nuages, la brume, la pluie ou le brouillard, empêche d'apercevoir les astres.

Ce mode de positionnement nécessite le recours à ***trois instruments*** :

Un almanach éphéméride qui contient des tables de coordonnées des corps célestes utilisés en navigation, à n'importe quelle date.

Un système de coordonnées, similaire aux coordonnées terrestres de latitude et de longitude, a été adopté pour décrire la position des astres dans le ciel. Ce système comprend la déclinaison, qui correspond à la latitude terrestre, et l'angle horaire, qui correspond à la longitude terrestre. Pour les besoins pratiques de la navigation, la position des étoiles les unes par rapport aux autres est considérée comme fixe.

Un sextant, qui permet de mesurer la hauteur angulaire d'un astre. Il fut inventé indépendamment par **John HADLEY** et **Thomas GODFREY**, aux environs de 1730.
Il permet au marin de connaître sa position exacte, c'est-à-dire la latitude et la longitude du point où il se trouve, à partir de la hauteur angulaire du Soleil et d'autres astres au-dessus de l'horizon.

Son fonctionnement est fondé sur la superposition des images des deux objets dont on souhaite mesurer la distance angulaire. La précision des mesures faites avec un sextant est égale à environ une minute d'arc, ce qui correspond à la définition d'un mille marin, soit à peu près 1.852 m à la surface de l'océan.

Un chronomètre de marine, instrument horaire de haute précision, embarqué, qui permet de connaître avec exactitude l'heure de l'observation astronomique, et de se référer à l'almanach pour connaître la position spatiale de l'astre observé.

Il faut se rappeler qu'à la surface des mers, une imprécision d'une seconde sur le temps relevé conduit à une erreur de position d'environ 460 mètres.

Pierre-Yves SOGUEL

Pour illustrer le premier "instrument" dont parle Monsieur Pierre-Yves SOGUEL dans cette introduction, voici une page d'un Almanach Ephéméride de **Ferdinand BERTHOUD** (publié en 1786).

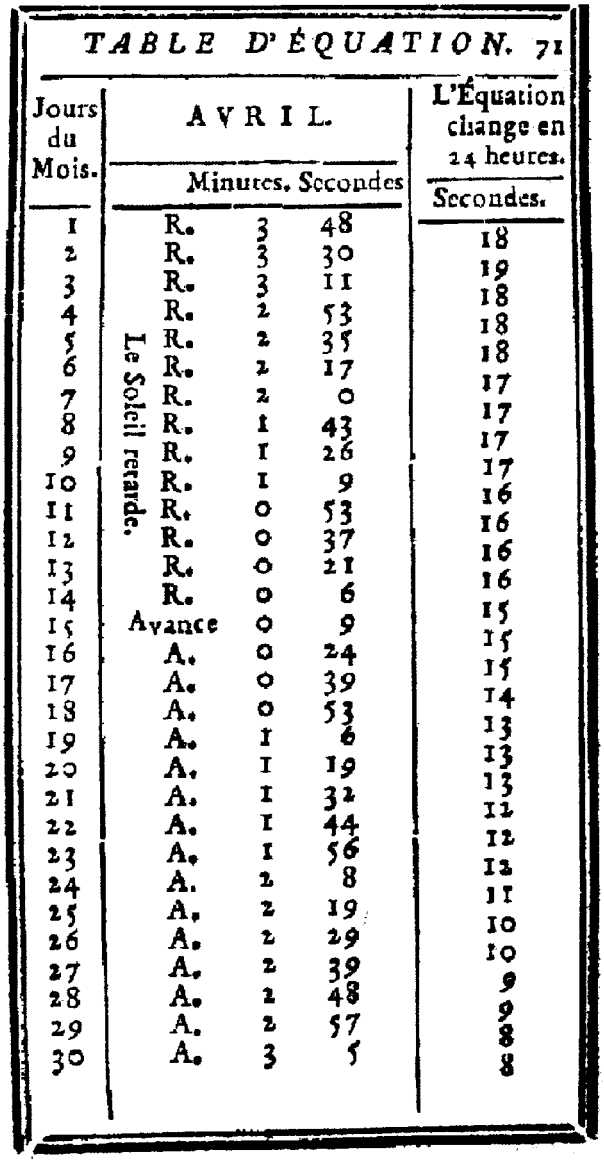
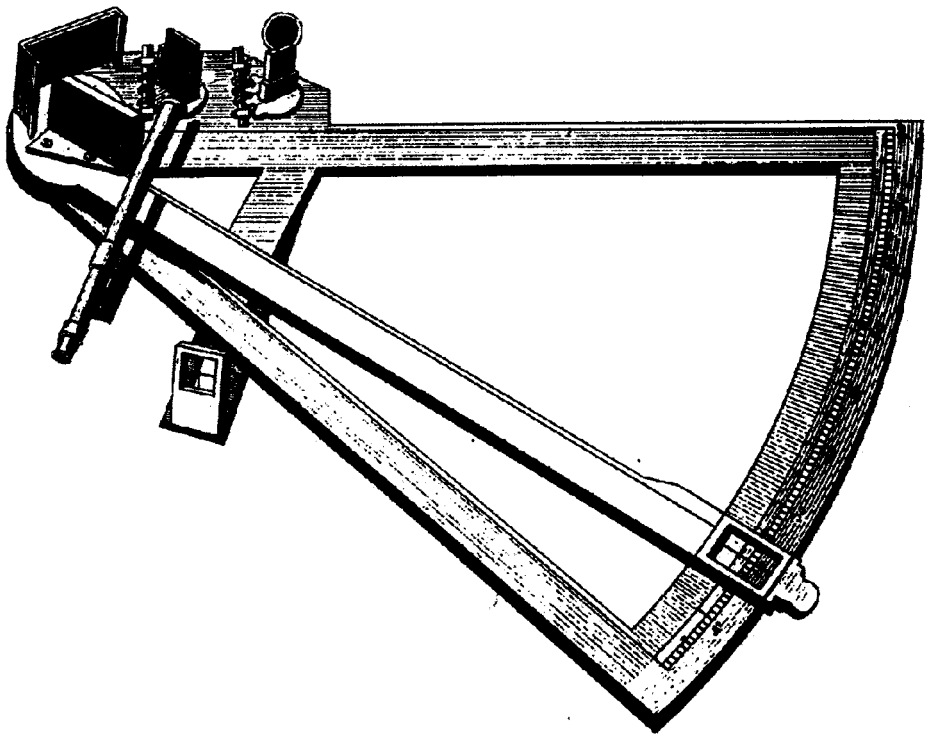


TABLE D'ÉQUATION. 71

Jours du Mois.	AVRIL. Le Soleil retarde. / Avance	Minutes.	Secondes	L'Équation change en 24 heures. Secondes.
1	R.	3	48	18
2	R.	3	30	19
3	R.	3	11	18
4	R.	2	53	18
5	R.	2	35	18
6	R.	2	17	17
7	R.	2	0	17
8	R.	1	43	17
9	R.	1	26	17
10	R.	1	9	16
11	R.	0	53	16
12	R.	0	37	16
13	R.	0	21	16
14	R.	0	6	15
15	Avance	0	9	15
16	A.	0	24	15
17	A.	0	39	14
18	A.	0	53	13
19	A.	1	6	13
20	A.	1	19	13
21	A.	1	32	12
22	A.	1	44	12
23	A.	1	56	12
24	A.	2	8	11
25	A.	2	19	10
26	A.	2	29	10
27	A.	2	39	9
28	A.	2	48	9
29	A.	2	57	8
30	A.	3	5	8

Deuxième "instrument" : Sextant que **John HADLEY** présenta en 1731 à la Société Royale de Londres.

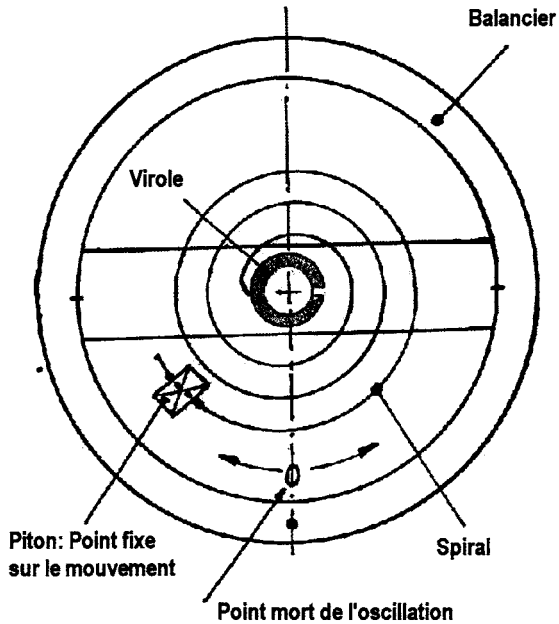


2) LES GRANDS INVENTEURS

et leurs machines à la recherche de la Longitude (1650 / 1830).

Trois avancées significatives, scientifiques autant qu'industrielles, ont certainement rendu possible le développement et les réalisations des garde-temps portables ou "embarquables".

a) L'invention en 1670 du savant hollandais **Christian HUYGENS** (1629-1695), de « ***l'oscillateur balancier spiral »,*** dont voici un schéma de principe :



Ecarté de son point mort d'équilibre, le balancier y est ramené sans cesse par la contraction ou l'extension du spiral qui lui, prend, par son piton, un appui fixe sur le mouvement du garde-temps.

L'oscillation est ainsi née de cet ensemble dynamique.

Le rouage et l'échappement n'auront d'autres fonctions que d'entretenir la succession de ces oscillations, de les compter et de nous indiquer les totaux temporels par aiguilles et cadrans.

b) Avant même la Renaissance, les métallurgistes fabricants d'armes (sabres, épées) affinent les aciers de telle façon que les laminages et traitements thermiques permettent d'obtenir des lames gardant une bonne résilience et une force résiduelle utilisable.

Le ressort moteur allait remplacer les poids des horloges et rendre transportables les garde-temps.
Ces métallurgistes étaient principalement en activité en Allemagne et en Italie du Nord.
Ce n'est donc pas par hasard que **Peter HENLEIN** fabriquait, à Nuremberg vers 1505, les premiers ressorts pour ses fameux "œufs ".

c) Le mathématicien et opticien **Nicolas FATIO**, de Genève, découvre le moyen de percer et façonner les pierres précieuses, telles que rubis et émeraude. Un brevet lui est délivré en 1704, brevet qu'il exploita à Londres en association avec les deux frères **Pierre et Thomas DEBAUFRE**, d'origine française.

C'est ainsi que se fabriquèrent, en Angleterre, les premières ***montres à rubis***.

Les avantages de cette avancée technique sont évidents : Usure très ralentie des pivots des balanciers et rouages, maintien des huiles en bonne place et prolongation de leur inaltérabilité, diminution importante de toutes frictions.

Simultanément à l'arrivée de ces progrès techniques et, à la suite des grandes explorations et découvertes, ce sont bien les intérêts stratégiques, militaires et commerciaux qui ont incité les marines des pays européens à sillonner de plus en plus toutes les mers du globe.

Il fallait donc faciliter cette navigation et l'équiper d'instruments horaires toujours plus précis, surtout pour déterminer les longitudes.

En effet, s'il est relativement facile de mesurer la latitude (hauteur du soleil ou de l'étoile polaire depuis l'horizon), il n'en est pas de même pour la longitude pour laquelle il faut un repère terrestre conventionnel et l'heure exacte à tous moments.

Rappelons que la longitude d'un lieu est donnée en comparant l'heure exacte du repère standard à celle de ce lieu, mesurée par observation.

Cette définition nous semble simple, mais il a fallu deux siècles d'essais de différentes méthodes pour arriver à une application pratique.
Monarques et gouvernements des pays conquérant les nouveaux continents ont encouragé les chercheurs en promettant d'importantes récompenses financières.

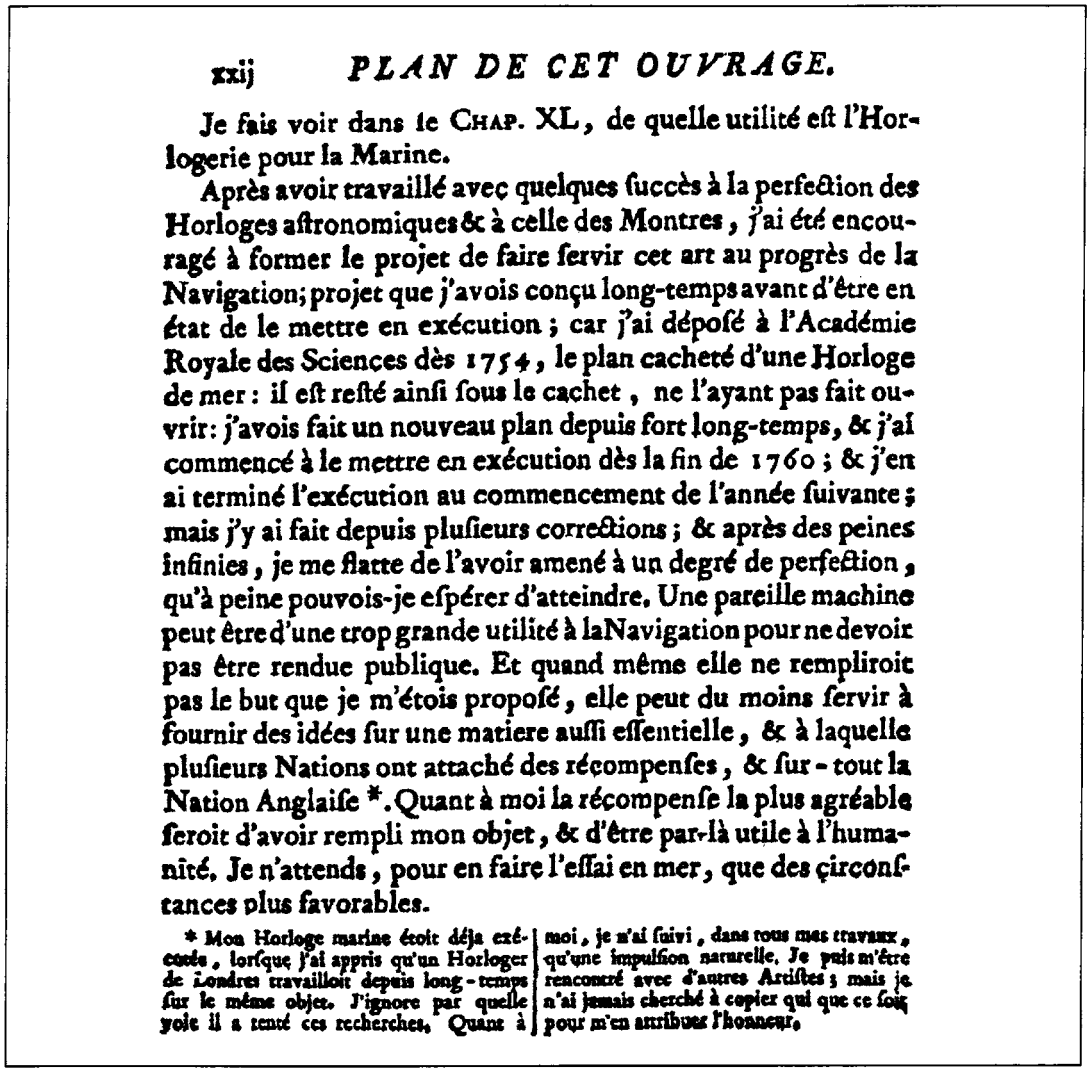
Citons par exemple :

- ***Philippe III d'Espagne***, en 1598, offrit une pension perpétuelle de 2000 ducats, pour la "découverte de la longitude".

- En Angleterre, le ***Board of Longitude***, fondé en 1713, (instance gouvernementale de la monarchie de l'époque), offrait, par décret, une récompense de 20.000 £, pour la détermination de la longitude en mer avec une erreur maximum de 1 degré.

-En France, le ***Bureau des Longitudes*** fut fondé en 1795. Les ***Rois Louis XV et XVI*** ont encouragé et aussi récompensé les recherches.

Il est intéressant, à ce sujet, de lire quelques lignes écrites par **Ferdinand BERTHOUD**, "Horloger du Roi et de la Marine". Ce texte, édité en 1786, reflète l'ambiance de ce temps!



xxij *PLAN DE CET OUVRAGE.*

Je fais voir dans le CHAP. XL, de quelle utilité eſt l'Horlogerie pour la Marine.

Après avoir travaillé avec quelques ſuccès à la perfection des Horloges aſtronomiques & à celle des Montres, j'ai été encouragé à former le projet de faire ſervir cet art au progrès de la Navigation; projet que j'avois conçu long-temps avant d'être en état de le mettre en exécution ; car j'ai dépoſé à l'Académie Royale des Sciences dès 1754, le plan cacheté d'une Horloge de mer : il eſt reſté ainſi ſous le cachet, ne l'ayant pas fait ouvrir: j'avois fait un nouveau plan depuis fort long-temps, & j'ai commencé à le mettre en exécution dès la fin de 1760 ; & j'en ai terminé l'exécution au commencement de l'année ſuivante ; mais j'y ai fait depuis pluſieurs corrections ; & après des peines infinies, je me flatte de l'avoir amené à un degré de perfection, qu'à peine pouvois-je eſpérer d'atteindre. Une pareille machine peut être d'une trop grande utilité à la Navigation pour ne devoir pas être rendue publique. Et quand même elle ne rempliroit pas le but que je m'étois propoſé, elle peut du moins ſervir à fournir des idées ſur une matiere auſſi eſſentielle, & à laquelle pluſieurs Nations ont attaché des récompenſes, & ſur-tout la Nation Anglaiſe *. Quant à moi la récompenſe la plus agréable ſeroit d'avoir rempli mon objet, & d'être par-là utile à l'humanité. Je n'attends, pour en faire l'eſſai en mer, que des circonſtances plus favorables.

* Mon Horloge marine étoit déja exécutée, lorſque j'ai appris qu'un Horloger de Londres travailloit depuis long-temps ſur le même objet. J'ignore par quelle voie il a tenté ces recherches. Quant à moi, je m'ai ſuivi, dans tous mes travaux, qu'une impulſion naturelle. Je puis m'être rencontré avec d'autres Artiſtes ; mais je n'ai jamais cherché à copier qui que ce ſoit pour m'en attribuer l'honneur.

Voyons maintenant les principaux acteurs, qui se sont succédés, de 1680 à 1830, pour inventer et réaliser ces machines garde-temps toujours plus précises :

Henry SULLY (1680-1730), né anglais, passa la majeure partie de sa vie en France. Il fut l'apprenti du fameux "**Honest George GRAHAM**" inventeur de l'échappement à ancre pour horloges. **SULLY** construisit plusieurs horloges marines, la première présentée à l'Académie en 1724. Une autre, testée en mer, variait de 1 sec. par heure, comme l'indique le rapport de l'Académie Royale de Bordeaux en1786. **GRAHAM** publia une description de cette horloge et l'intitula : "Description Abrégée d'un Horloge d'un nouveau genre pour le plus just mesure de temps en mer".

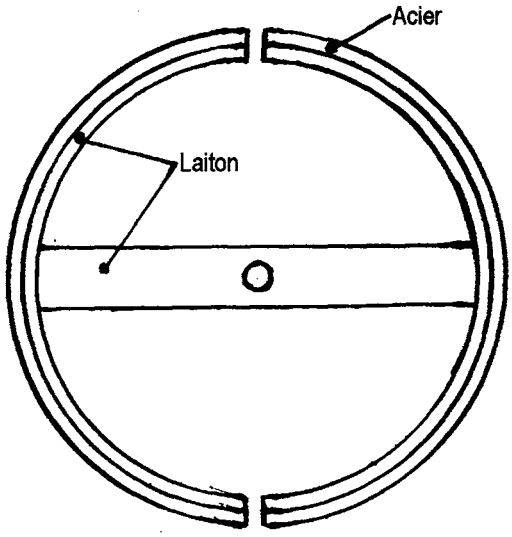
Le mouvement de cette horloge marine était déjà ajusté sur un support à cardan pour son maintien en position horizontale. Son échappement à deux plateaux à échancrures décalées, laissant passer successivement les dents de la roue d'échappement, permettait à un levier équilibré et gradué, une oscillation d'environ 90 degrés. Le cadran comportait une aiguille des secondes, décentrée.

Pierre LE ROY (1717-1785), installé à Paris et également "Horloger du Roy", réalisa entre autres, deux "premières" significatives pour le développement des horloges marines :

a) Un ***échappement libre,*** premier du genre, présenté à l'Académie des sciences en 1748. "Libre" signifie un échappement laissant osciller le balancier librement et sans frottement, mis à part le court instant de l'impulsion.

Ainsi la régularité de la succession des oscillations se trouvait considérablement améliorée par rapport aux échappements précédents, dits ***"à repos frottant"***. Toutefois, trop compliqué et difficile à régler, cette première tentative n'eut pas de lendemain.

b) En 1761, **LE ROY** inventa un ***balancier avec jante bimétallique***, coupée en deux endroits diamétralement opposés. Cette jante, formée de lames soudées en acier et laiton (donc de coefficients de dilatation différents), s'ouvre ou se referme sur son centre, suivant les variations de température.
On assiste ainsi à un changement du moment d'inertie de l'ensemble dans le but de compenser les avances ou retards dus à ces variations de température.



Ce point, important pour la précision des garde-temps, sera repris de différentes façons par les successeurs de **P. LE ROY.**

On admet souvent que **L. BREGUET** fût le plus grand des horlogers, en considérant son génie inventif et la qualité incomparable de ses réalisations.

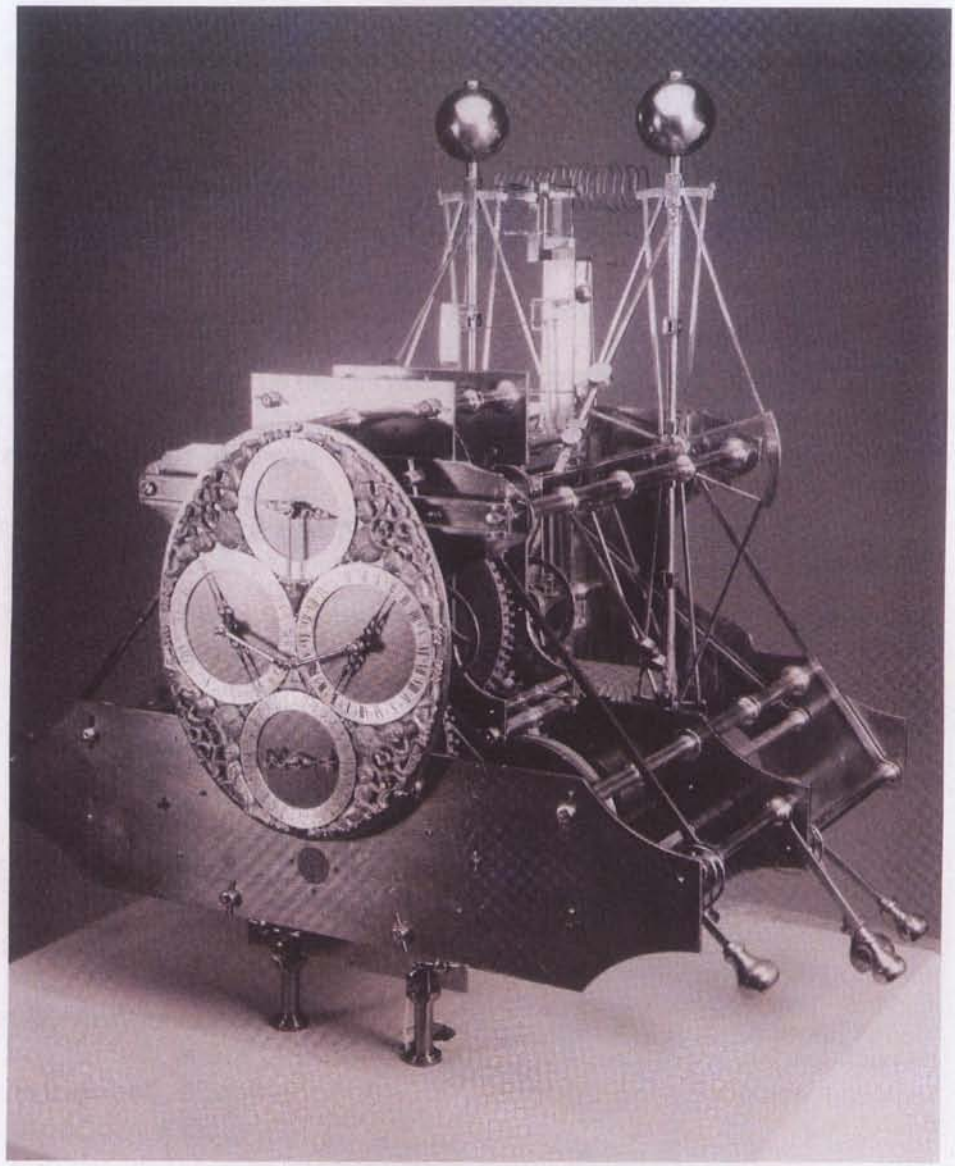
Cependant, pour l'horlogerie de marine,

John HARRISON (1693-1776) l'aura peut-être surpassé !
Né en Yorkshire, fils d'un charpentier, il s'intéressa tout jeune aux mathématiques et aux instruments horaires. Il reçu les conseils de **George GRAHAM** et s'occupa, en ses débuts, d'horloges de parquet. Il créa pour celles-ci le ***pendule bimétallique à grille*** et son ***"grasshoper escapement"***, échappement libre qu'il présenta en1726. Cet échappement, prévu pour une horloge à pendule, se voulait être une amélioration de l'échappement Graham. A partir de 1730, il se consacra principalement, jusqu'à la fin de sa vie, à améliorer l'horlogerie de marine. Ses inventions furent nombreuses, souvent reprises et améliorées par lui ou par d'autres contemporains.

Voyons, plus en détail, deux de ses horloges de marine réalisées à 30 ans de distance et montrant l'évolution parcourue pendant ce XVIIIème siècle :

Horloge marine N° 1
Présentée en 1735, il s'agit d'une machine lourde (40 Kgs) et compliquée. D'une hauteur de 76 cms, elle est équipée de 2 lourds balanciers d'environ 3 Kgs, de 2 échappements "grasshoper" modifiés et d'un système astucieux comprenant une fusée, coaxiale avec le barillet qui contient le ressort moteur.

Le tout était monté dans une caisse en bois munie de supports à cardans. Elle fût testée plusieurs fois au Portugal et en Angleterre, donnant des résultats mitigés.
Elle subit de nombreuses modifications appliquées sur les horloges N° 2 et N° 3.



Horloge marine N° 1 de John HARRISON, construite en 1735
National Maritime Museum, Greenwich.

Montre marine N° 4

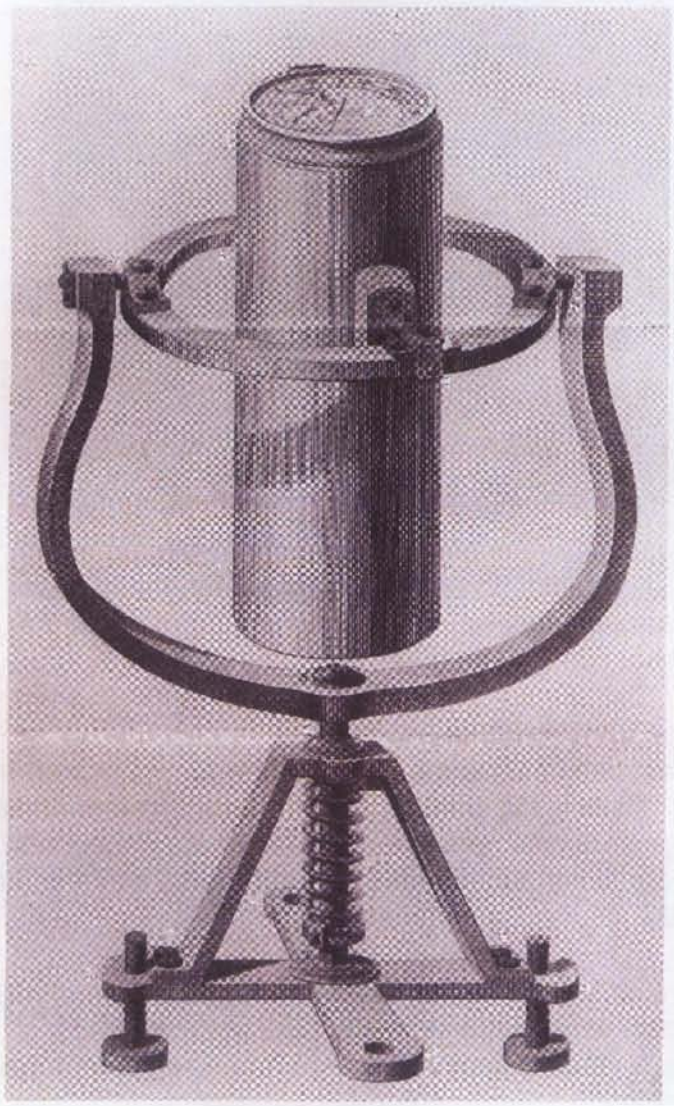
Présentée en 1766, elle a l'allure d'une grosse montre de poche, d'un diamètre de 13 cms avec un double boîtier. Le "fini" est de bonne qualité : Ponts et coq gravés et signés, pivotements du balancier et du rouage sur rubis. L'échappement à verge est modifié : très courtes palettes en diamant permettant 280 degrés d'oscillation du balancier qui bat le 1/ 5ème de seconde par alternance. Le barillet et son ressort moteur sont reliés par chaîne à la fusée.

Testée par son fils **William HARRISON**, elle a accusé un retard de 56 secondes après environ 75 jours de traversée de l'Atlantique, soit une erreur totale de 14 degrés de longitude (0,2 degré par jour).
Malgré ces résultats considérés comme bons, la fameuse récompense de 20.000 £ lui fût attribuée, par tranches successives… après d'âpres discussions.

HARRISON
Montre N°4

Tout à côté de **John HARRISON** pour l'horlogerie de marine, il faut parler de :

Ferdinand BERTHOUD (1729-1807), suisse installé à Paris, reconnu "Horloger du Roy".
C'est un travail incessant de recherches, inventions et réalisations remarquables que **BERTHOUD** accomplit. Plus de 70 garde-temps de marine lui sont reconnus. Les derniers se rapprochent des chronomètres de marine typiques de la fin du 19ème.
Voyons, ci-dessous, ***ses Horloges marines N° 6 et 8***, testées sur mer entre 1769 et 1773.



Célèbre horloge marine N°6 construite par Ferdinand BERTHOUD en 1768, représentée dans le Traité des horloges marines, publié à Paris en 1773.

Ø du mouvement : 175 mm

Hauteur : 650 mm

Fonctionnement : 36 heures

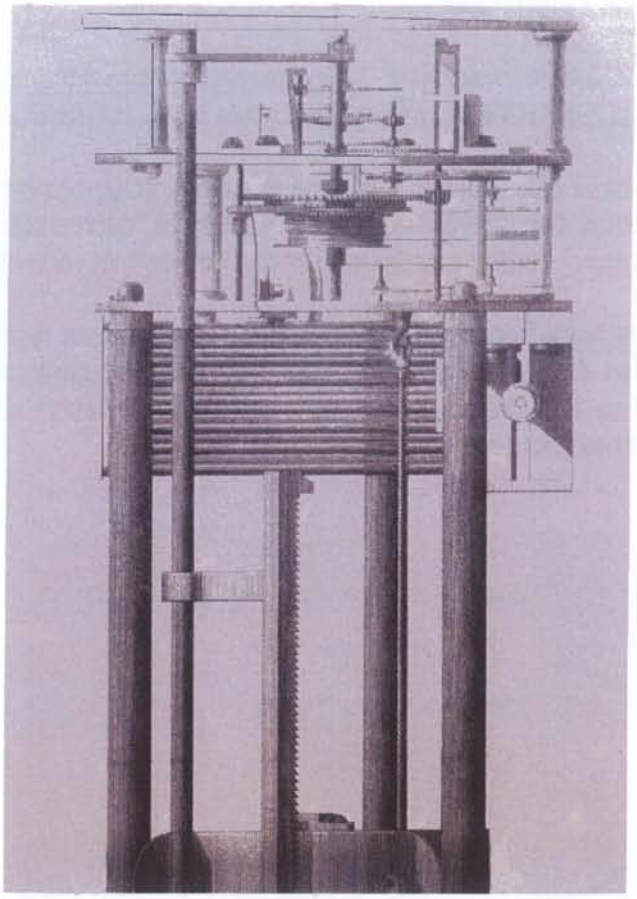
Aiguille des secondes au centre, battant la 1/ 2 seconde.

Echappement, d'abord à « cylindre », puis remplacé par un échappement à « détente pivotée » de son invention.

Balancier en cuivre massif Ø125 mm, avec contre-pivot inférieur en rubis.

Compensation thermique par grille bimétallique agissant sur un spiral en acier trempé.

Force motrice par poids, sans fusée.

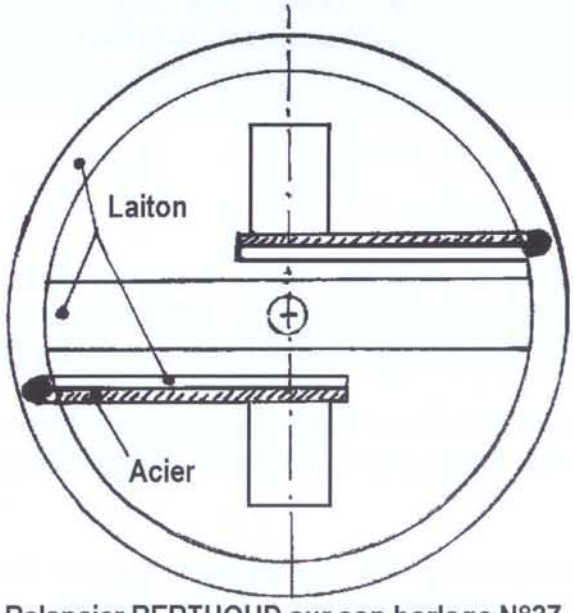


Mécanisme de l'horloge marine N° 4 conservée au Musée International d'horlogerie de la Chaux-de-Fonds, semblable à celui de l'horloge N° 6.

←

La N° 8 a été testée par la Marine Royale pendant plus d'un an. Elle aurait accusé un retard de 22 secondes après 42 jours de voyage.

C'est un succès !



Balancier BERTHOUD sur son horloge N°37

Sur la fin de sa carrière, pour compenser les variations dues aux températures, il adopta, entre autres moyens, un balancier monométallique muni de lames bimétalliques sécantes, portant de petits poids à leurs extrémités.
C'était en 1785 sur sa N°37.

←

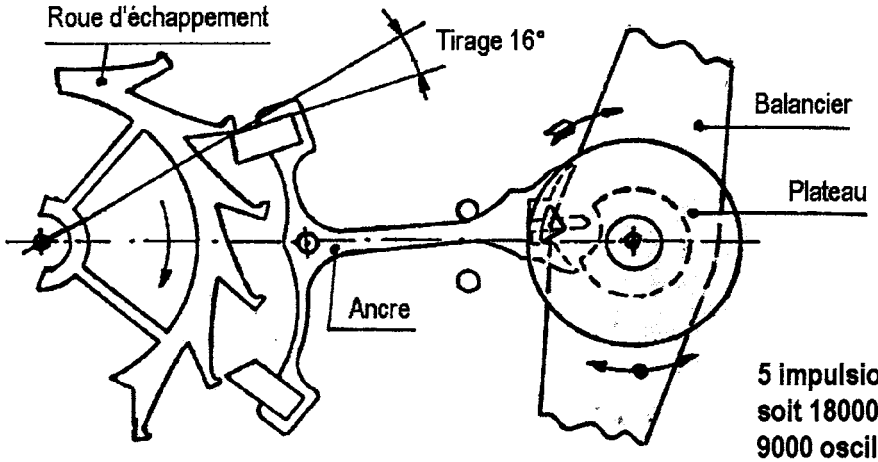
Il n'était pas loin des résultats de son jeune successeur **EARNSHAW.**

Pour l'ensemble de ses travaux, (dont une partie est littéraire), il reçut une pension annuelle de 7.500 £, dont il fut privé, en partie, en 1793 par les lois républicaines, gardant cependant le titre de Mécanicien de la marine.

F. BERTHOUD a connu **Pierre LE ROY** et rencontra **J. HARRISON** à Londres, où il demeura plus d'une année. De ces échanges d'idées et de comparaisons sur leurs garde-temps sont certainement nées plusieurs de ses réalisations, comme le rapportent quelques polémiques de l'époque !

Il est impossible de parler chronométrie sans mentionner :

Thomas MUDGE (1715-1794) et sa remarquable invention de ***"l'échappement libre à ancre"***, en 1754. Né à Exeter, il fut l'apprenti de **George GRAHAM** et un fervent disciple de **J. HARRISON**, pour lequel il exécuta plusieurs garde-temps.
Son échappement mit, toutefois, de longues années pour s'imposer comme le roi des échappements pour montres portables. **MUDGE** lui-même semblait s'en désintéresser en constatant le "décrochage" trop facile des dents de la roue, pendant leur "repos" sur les palettes de l'ancre, lors de mouvements soudains et imprévus du porteur.
Il y manquait en fait un petit détail : un *"angle de tirage"* de 16 degrés environ, sur les plans de repos des palettes de l'ancre, pour garantir le maintien des dents sur les palettes, pendant l'arc parcouru librement par le balancier, et, dans le même temps, sécuriser le contact de la fourchette de l'ancre sur les goupilles de renversement ... (pardon au profane pour ce jargon horloger !).



5 impulsions par seconde soit 18000 alternances ou 9000 oscillations par heure

ECHAPPEMENT A ANCRE LIBRE

Ce n'est qu'en 1780 que :

Josiah EMERY, (Suisse né à Chardone près de Lausanne, installé à Londres après un apprentissage à Genève), introduisit ce fameux et vital ***"angle de tirage"***. **EMERY** fabriqua de nombreuses montres de haute qualité dont quelques-unes suivant les plans et instructions de **MUDGE.**

De son côté, **Thomas MUDGE** s'occupa de "Watches for use at sea", selon son expression. Plusieurs de celles-ci furent testées en observatoire et en mer. Il reçu 500 £ du Board of longitudes pour l'encourager dans ses recherches.

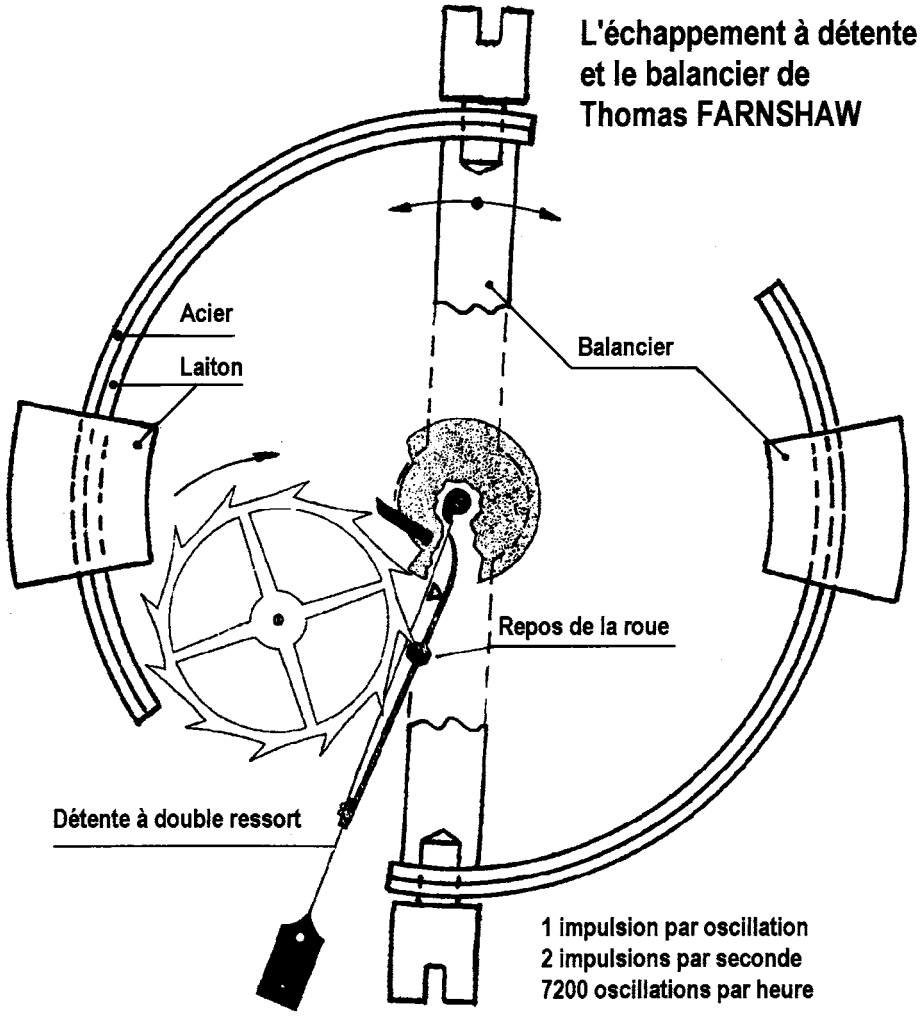
Toutefois, ses montres marines ne furent pas équipées de son fameux ***"échappement à ancre"***. Celui-ci avait un sérieux concurrent, l' ***"échappement à détente"***, annoncé par **P. LE ROY**, amélioré par les **HARRISON**, **BERTHOUD** et autres et finalisé par **Thomas EARNSHAW** au début du XIXème siècle. Cet échappement fut préféré, sauf à de rares exceptions...dont celle de **L. BREGUET** avec son ***"échappement naturel"***.

D'autres, tels **ARNOLD** et **KENDALL**, ont contribué aux avances de la chronométrie de marine, mais :

Thomas EARNSHAW (1749-1829) nous rapprochera le plus de la conception du chronomètre de marine utilisé entre les années 1850 à 1950.

C'est en 1783 que **EARNSHAW** reçu son premier brevet (N°1354) pour son ***"échappement à détente"***. C'est après de longs essais d'optimalisation qu'il présenta en 1804 son nouveau modèle au Board of Longitudes, modèle dont l'exécution fut ensuite largement répandu.

Cet échappement ne demande **qu'une impulsion** par oscillation (et non deux pour l'échappement à ancre). De plus cette impulsion est donnée pendant le court moment du passage du balancier au "point mort". Il en résulte des oscillations moins perturbées, donc plus stables. Cela facilite la réalisation d'une aiguille des secondes ***battant la 1/ 2 seconde*** (l'échappement à ancre ne donnant que le 1/ 5 ou plus).



La deuxième avancée technique réalisée par **EARNSHAW** fut ***son balancier***.
Après **P LE ROY** et, comme **BERTHOUD, ARNOLD** et d'autres, il adopta deux jantes bimétalliques d'environ 130 degrés, sur lesquelles viennent s'ajuster deux poids en laiton, réglables en position le long de ces jantes. C'était mettre ensemble ***simplicité et efficacité***, en réalisant une très bonne compensation aux variations de température.

Superposés sur ses garde-temps, ses balanciers et échappements à détente donnèrent des résultats chronométriques meilleurs que ceux de ses prédécesseurs, mais ce n'est qu'en 1805 qu'il fut reconnu en recevant une récompense de 2.500 £ du Board of Longitudes.

3) LES PERFECTIONNISTES
de la chronométrie de marine (1850-1950).

L' arrivée du moteur à vapeur, l'expansion rapide des transports ferroviaires et maritimes, l'émigration à grande échelle d'Europe vers les nouveaux Etats-Unis d'Amérique, le développement du "voyage" ... tout cela aura fait le XIXème siècle.
Sur mer, le moteur à vapeur a rendu les voyages mieux programmables qu'avec la voile et la fantaisie des vents, d'où une multiplication du trafic sur les océans, tant pour les marines civiles que militaires.
Cependant, une nécessité restait vitale pour chaque navire, paquebot ou croiseur : celle de pouvoir ***"faire le point"*** à chaque moment de ces voyages.

C'est ainsi que la fabrication des chronomètres de marine, de production unitaire jusqu'en 1830 environ, se transforma en industrie à part entière dans l'horlogerie dès les années 1860.
Le centre de cette fabrication aura été incontestablement ***Londres***, où d'ailleurs quelques suisses ou français (**BARRAUD** et **MOLYNEUX**) se sont distingués dans le secteur.
En Grande-Bretagne, l'exception à la règle de considérer ***Londres*** comme centre séculaire de l'horlogerie sera constituée par les ***Ecossais*** **McGregor.** Ils seront une douzaine à se succéder dès 1836. Le plus connu est **Duncan McGREGOR**, installé en 1860 à Greenock prés de Glasgow. Remarquons que la proximité des chantiers navals, qui ont été longtemps les plus importants de Grande-Bretagne, a dû constituer la base de leur clientèle pour les chronomètres de marine. De bonne qualité, leur fabrication peut se comparer à celles des **Mercer** ou **Frodham.**
Hors Angleterre, deux centres importants de fabrication en série ont existé : le ***Jura neuchâtelois*** en Suisse et en ***Pennsylvanie*** (USA) dès 1940.

Il est intéressant de constater que ces fabricants ont été, pour la plupart, des firmes familiales où plusieurs générations se sont succédées.

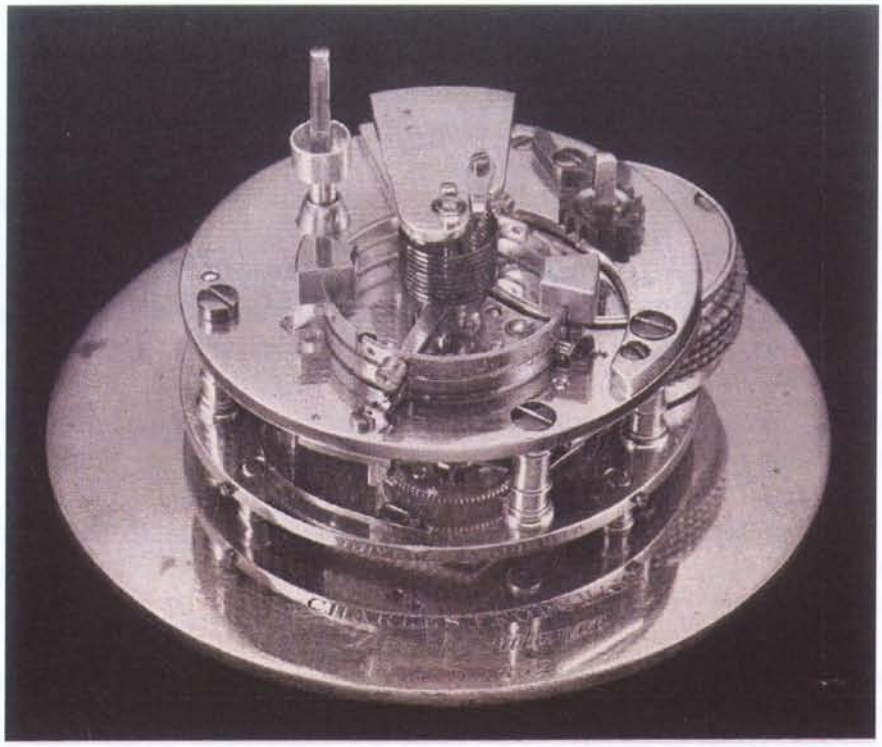
LONDRES -Voyons les plus connus et performants :

Victor KULBERG, né en Suède en 1824, installé à Londres en 1851, décédé en 1890. Pendant ses quelques 40 années passées à Londres, il se montra brillant horloger et innovateur, en développant plusieurs balanciers bimétalliques compensateurs des variations de température. Sa fabrication de chronomètres de marine fut importante et il reçut de nombreux certificats de tests de l'observatoire de Greenwich.

Thomas MERCER, né en 1822 en Lancastershire (GB), installé à Londres en 1858, décédé en 1900. Issu d'une famille d'horlogers comptant 8 à 10 pères, fils, oncles ou cousins, il sera suivi par ses petits-fils sous le nom de **Mercer & sons Ltd**, qui existait encore en 1978. Couvrant tout un siècle d'activité, la marque **Mercer** aura été celle de la plus importante production de chronomètres de marine.
Elle a également fourni des ébauches, remontées et réglées par des horlogers établis principalement à Londres.

Charles FRODSHAM (1810-1871). Le plus connu d'une dynastie d'horlogers qui débuta en 1781 à Londres et se termina en 1912 avec son fils **George-William**. En 1843, **C. FRODSHAM** reprit la succession des **Arnold**, éminents innovateurs du XVIIIème siècle. Lui-même fut à l'origine d'importantes améliorations d'***échappement à détente***, de ***balanciers compensateurs*** et de ***spiraux.*** On lui doit plusieurs articles de technique horlogère. La production des chronomètres de marine des **Frodsham** a été très importante et reconnue pour sa haute qualité, à tel point que ses ébauches de mouvements ont été choisies et importées en Suisse, où plusieurs fabricants les ont remontées, réglées et mises en coffret. En général, ils fabriquaient leurs balanciers, spiraux aiguilles et cadrans.

Mouvement "à double balance" N° 4006 de Charles FRODSHAM.



SUISSE

Dans le canton de Neuchâtel, l'horlogerie artisanale est présente depuis 1730 environ. Elle prit rapidement la forme industrielle vers la fin du XVIIIème siècle.
Les Maisons **Philippe Dubois & Fils, J-F. Houriet, Sylvain Mairet, Henry Grandjean,** et autres **Henri Perregaux,** fabriquèrent toutes des chronomètres de poche et de bord, reconnus de haute précision.

Toutefois, la fabrication des ***chronomètres de marine***, sous leur forme **"anglaise"**, ne prit de l'extension qu'à partir de 1860.

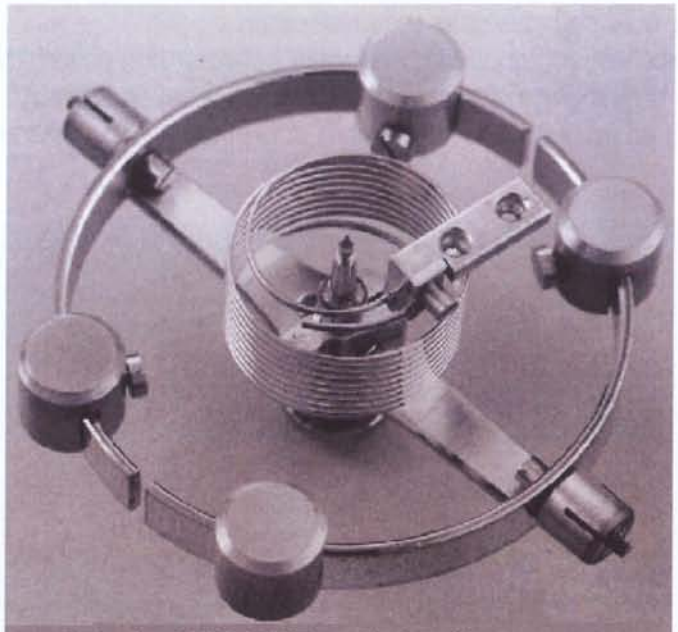
Cette même année voit le début de l'activité de contrôle de l'Observatoire Astronomique de Neuchâtel, contrôle divisé en deux catégories : chronomètres de poche et chronomètres de marine.
Cet observatoire était équipé, non seulement d'un télescope tous azimuts, mais aussi d'une remarquable lunette méridienne, permettant la détermination de l'heure avec une précision dépassant celle de Greenwich ! C'est ainsi que plusieurs fabricants londoniens et d'ailleurs (Japon), vinrent faire contrôler leur production à Neuchâtel.
De plus, chaque année, l'Observatoire publiait un palmarès détaillé des résultats chronométriques obtenus par chacun des déposants, ce qui ne manqua pas d'encourager l'émulation des fabricants et, parfois, de susciter leur jalousie.

A côté des noms mentionnés ci-dessus, les "chronométriers" neuchâtelois les plus importants auront été ceux de la famille **Nardin.**
Etablis au Locle, les horlogers de la famille se signalèrent dès le début du 19ème siècle, mais :
Ulysse NARDIN sera le fondateur de la Maison qui porte toujours son nom.
Le dernier de la lignée, qui poursuivra cette activité chronométrique, est **Raymond NARDIN.** C'est de son ouvrage, publié en 1994, (remarquable tableau de l'histoire de la chronométrie de marine), que nous allons reprendre quelques jalons de cette saga familiale:
Vers 1874, **Paul-David NARDIN**, fils d'**Ulysse**, manifesta un grand intérêt pour la chronométrie de marine. Jusqu'en 1903 furent assemblées et réglées des ébauches du Loclois Sylvain MAIRET, puis des Frodsham d'Angleterre. Les balanciers provenaient de HASWELL & sons de Londres, avant d'être remplacés par le "balancier intégral" de E. GUILLAUME dès 1898.
Il a fallu à **Paul-David** et à ses collaborateurs plus de six années d'études, calculs et essais, pour démarrer la fabrication des ébauches **Nardin** en 1902. Le mouvement ***M.Gr.F.Type Amirauté*** restera jusqu'en 1963 le calibre de base de la Maison promue "Manufacture d'Horlogerie", (selon l'appellation d'alors, pour les distinguer des remonteurs d'ébauches ou "Etablisseurs").
Ce calibre ***M.Gr.F.*** d'un diamètre de 95 mm, d'une hauteur de 60 mm, avec une durée de fonctionnement de 56 heures, comporte un échappement libre à détente genre Earnshaw modifié, une aiguilles des secondes battant la 1/2 seconde, 14 rubis ainsi que barillet et fusée pour le ressort moteur.
La production de ce calibre dépassera 9340 pièces.
En comptant les pièces équipées d'ébauches extérieures et quelques séries spéciales, la Maison **Ulysse Nardin** aura produit un total de 10.800 chronomètres de marine, livrés dans 30 pays du monde entier.

Avec les "**perfectionnistes suisses**", citons encore :
Paul DITISHEIM et ses successeurs de la manufacture **Solvil**, installée à La Chaux-de-Fonds dès le début du XXème siècle. D'une production plutôt modeste, celle-ci fut reconnue d'une grande qualité de précision. Lui-même habile régleur, il construisit ses propres calibres qui avaient la particularité d'avoir une seule grande aiguille des secondes au centre et l'indication des minutes et heures sur deux cadrans plus petits et décentrés. De 1905 à 1930, on note des livraisons effectuées, entre autres, pour les "British Government" et "The United States Navy".

En clôture de ce tour d'horizon **"suisse"**, nous nous devons de parler de celui qui, sans être un "chronométrier", contribua énormément à l'approche de la perfection pour cette horlogerie mécanique :

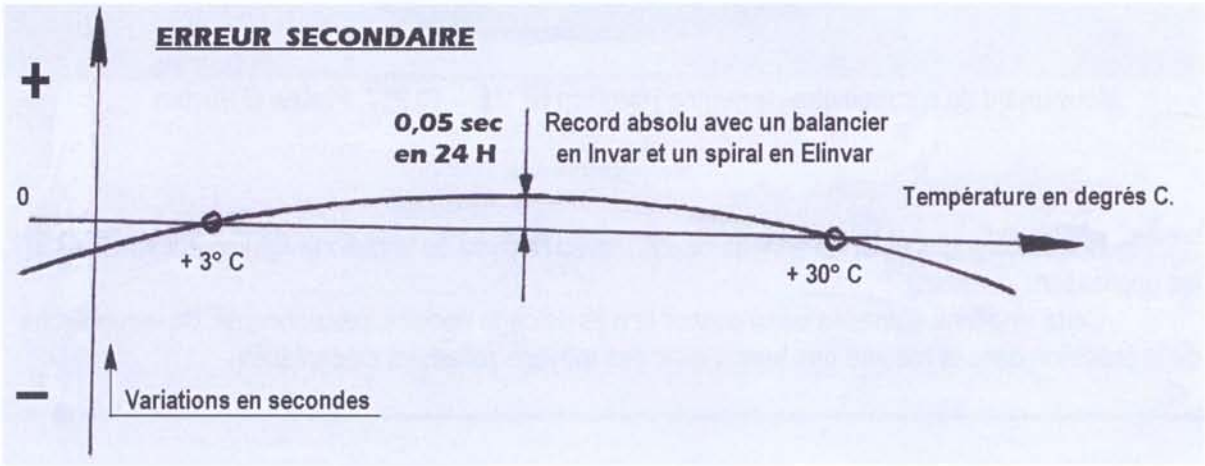
Charles-Edouard GUILLAUME , mentionné ainsi dans le dictionnaire Larousse :
« Physicien suisse (1861-1938), né à Fleurier, canton de Neuchâtel. Dès 1915, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures à Sèvres près de Paris, il a codifié l'emploi du thermomètre à mercure et découvert l'Invar et l'Elinvar. Prix Nobel de Physique en 1920. »



Balancier GUILLAUME, ou " intégral", conçu par Charles-Edouard Guillaume en 1893

Invar : Alliage d'acier et d'environ 42% de nickel - insensible aux variations de température – a remplacé, dès 1898, l'acier des jantes bimétalliques des précurseurs LE ROY et BERTHOUD.
Elinvar : Dérivé de l'Invar (1 à 2% d'autres métaux en plus) – également insensible aux variations thermiques, mais plus ductile, ce qui permit de laminer des lames pour la fabrication de spiraux.

L'utilisation de l'***Invar*** et de l'***Elinvar*** sur l'ensemble Balancier / Spiral a donné le meilleur résultat, jamais dépassé, du point de vue de ***l'erreur secondaire***.

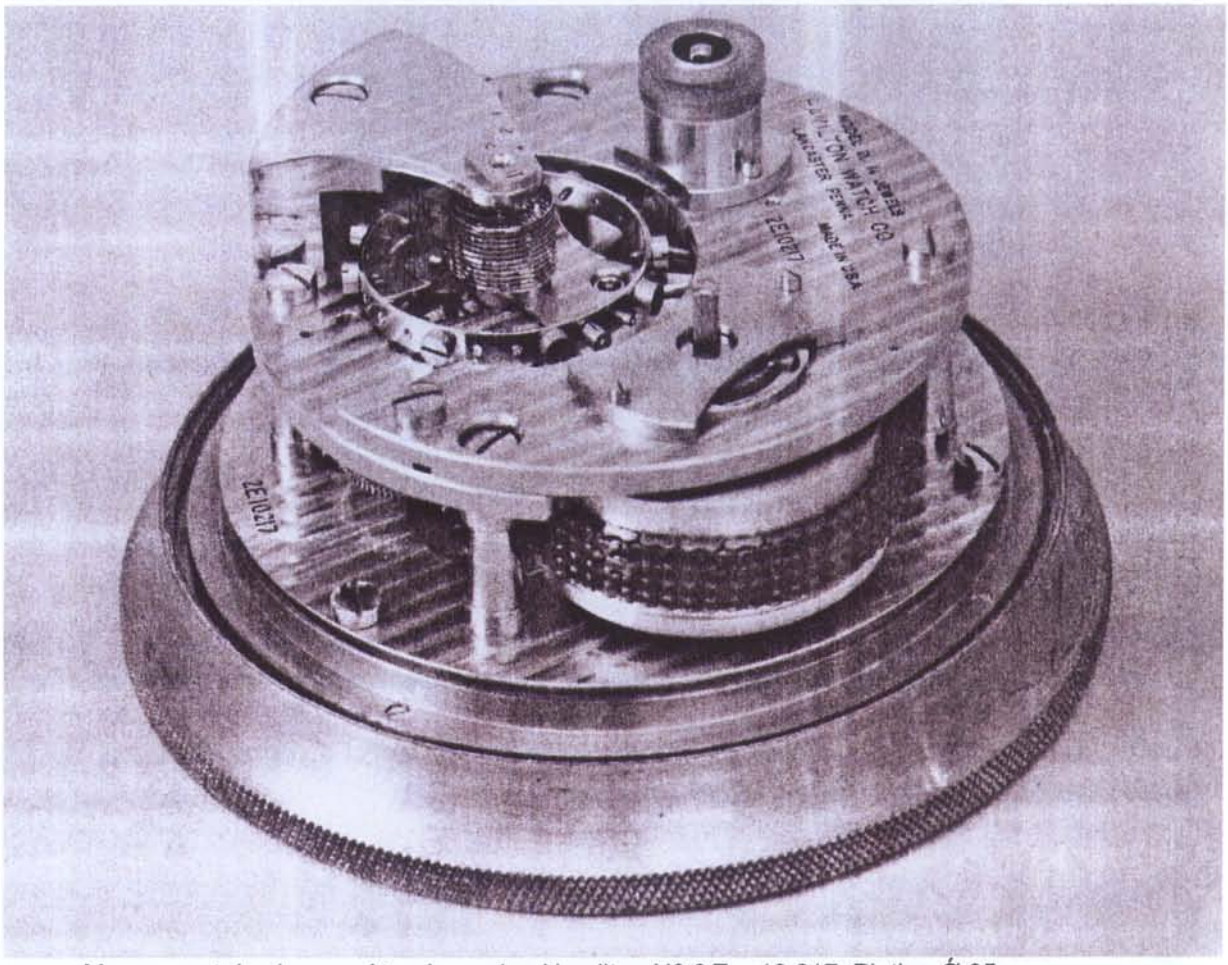


U.S.A.

Le troisième pôle de fabrication importante de chronomètres de marine se situe aux **U.S.A.**

Jusqu'en **1940**, suivant les résultats obtenus au Naval Observatory de Washington, le choix, par la marine américaine, a été en faveur des chronomètres **Nardin**.

En **1941,** vu les difficultés des relations transocéaniques, ce fut la manufacture de montres **Hamilton** à Lancaster, en ***Pennsylvanie***, qui s'engagea dans cette fabrication.
Elle prendra le relais, avec succès, en adoptant un nouveau balancier non coupé, monométallique en acier, avec bras en ***Invar*** et vis de réglage, sur lequel est monté un spiral en ***Elinvar.***
Ce fut le ***calibre 2E-10.217*** ; sa production fut importante et bien organisée, avec en 20 ans un total dépassant 10.000 pièces.



Mouvement du chronomètre de marine Hamilton N° 2 E – 10.217. Platine Ø 95 mm.

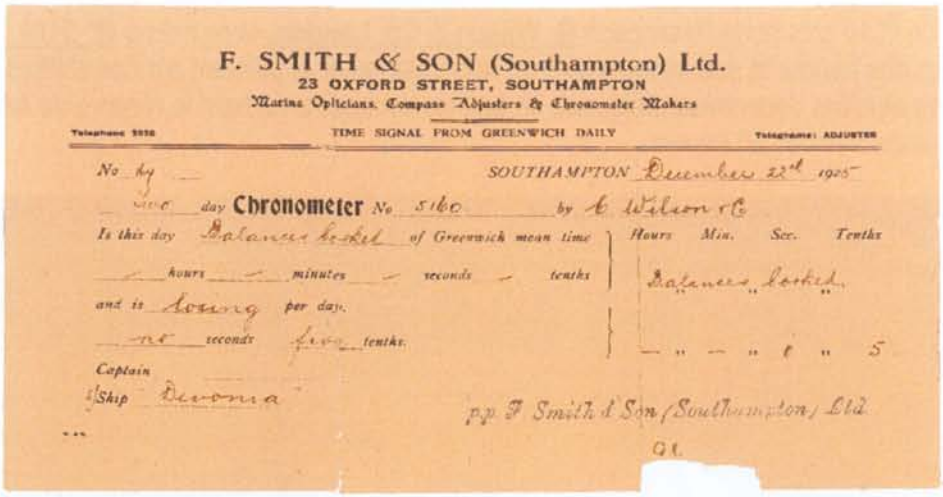
==========

Nous rejoignons ainsi les années 52-72... avec l'arrivée de la radionavigation par satellites et les applications du quartz.

Cette vingtaine d'années verra sonner le glas de cette épopée, passionnante, de la recherche de la précision dans la mesure des temps avec des moyens purement mécaniques.

4) Un CHRONOMETRE de MARINE
Représentatif de ceux utilisés entre 1870 et 1960.

Ce chronomètre de marine a été déniché chez un antiquaire, en **1976**, à Bazas, près de Bordeaux.
Il était accompagné d'un certificat de contrôle (reproduit ci-dessous), daté du **22 Décembre 1925** donnant **"DEVONIA"** comme nom du navire sur lequel il aurait servi. Un timbre en papier, collé à l'intérieur de son coffret indique également ce nom de "DEVONIA".



F. SMITH & SON (Southampton) Ltd.
23 OXFORD STREET, SOUTHAMPTON
Marine Opticians, Compass Adjusters & Chronometer Makers

TIME SIGNAL FROM GREENWICH DAILY

No 49 SOUTHAMPTON December 22nd 1925

two day Chronometer No 5160 by C Wilson & Co

Is this day Balances locked of Greenwich mean time
— hours — minutes — seconds — tenths
and is losing per day.
no seconds five tenths.

Hours Min. Sec. Tenths
Balances locked
— " — " 0 " 5

Captain
Ship Devonia

p.p. F. Smith & Son (Southampton) Ltd.

En recherchant cette identité, un petit miracle, (inimaginable il y a quelques années), se produisit. Questionné, Eric AMSTEAD, ami anglais, tapota le clavier de son ordinateur et, d'internet, sortirent six pages d'archives sur la navigation maritime de Grande-Bretagne, de 1860 à la 2ème guerre mondiale, dont une page entière sur le **"Devonia"**.

Quelques extraits intéressants nous apprennent que le **"Steam ship Devonia"** aurait été lancé en **1877** et frété par la Compagnie **Anchor Line** de Glasgow.

Sa première traversée de l'Atlantique se termina en Janvier 1878 à New York. Son capitaine était Robert Douglas MUNRO, et ses passagers 21 émigrants âgés de 3 à 59 ans, et de 7 nationalités.

Voici, en anglais, la déclaration du capitaine Munro à son arrivée

Immigrant Ships
Transcribers Guild
SS Devonia

Anchor Line of Transatlantic Steam Packet Ships, District of New-York,
----- Port of New-York.

I, Robert Douglas Munro Master of the Steam-Ship Devonia do solemnly, sincerely, and truly Swear that the following List or Manifest, subscribed by me, and now delivered by me to the Collector of the Customs of the Collection District of New-York, is a full and perfect list of all the passengers taken on board of the said S. S. Devonia at Glasgow, from which port said S. S. Devonia has now arrived; and that on said list is truly designate the age, the sex, and the occupation of each of said passengers, the part of the vessel occupied by each during the passage, the country to which each belongs, and also the country of which it is intended by each to become an inhabitant; and that said List or Manifest truly sets forth the number of said passengers who have died on said voyage, and the names and ages of those who died So help me God, before me Sworn to this January 2, 1878 before me R. T. Wyman

LIST OR MANIFEST OF ALL THE PASSENGERS taken on board the Steamship Devonia, R. D. Munro whereof Robert Douglas Munro is Master, from Glasgow, burthen 2771 tons.

Ce navire aurait été exclusivement, mais de façon intense, utilisé entre Glasgow et New York, pendant 22 ans, puis mis à la casse en **1899.**

MECANISME : DESCRIPTION TECHNIQUE et ORIGINE de sa FABRICATION .

Ce mouvement, monté sur cardans à double pivotement en croix pour son maintien en position horizontale, est enfermé dans un coffret en loupe de noyer, avec 2 couvercles (lecture et remontage). Poignées, serrures, baguettes décoratives et écusson sont encastrés dans l'épaisseur du bois du coffret. Une plaque de nacre, fixée sur le devant, porte son N° **5160.**
La photo de cet ensemble est en dernière page de cet exposé.

Le cadran de Ø 10 cms porte l'inscription **G. Wilson & Co, London,** et ce même **N° 5160.**
Les aiguilles des heures et des minutes sont en laiton plaqué or et pointent sur des chiffres romains. Deux petites aiguilles décentrées indiquent, en bas les secondes, en haut la réserve de fonctionnement avec remontage maxi de 56 heures.

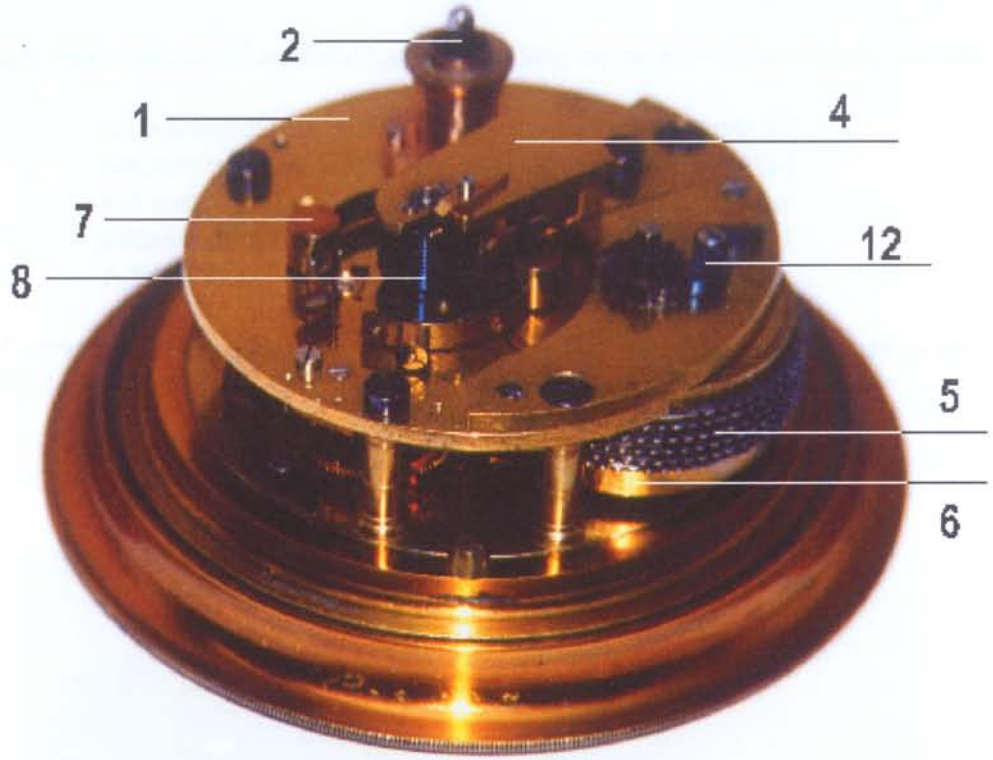
Les WILSON, horlogers à Londres, ont été nombreux, mais selon les références de **Britten et Loames**, le plus plausible, pour notre cas, serait :

George WILSON, installé dès 1851 et plus tard associé à un certain **Gandar** (décédé en 1885). Ils avaient leur boutique et atelier au **N° 431 du Strand** à Londres (centre d'artisanat et de commerce de l'époque).
N'étant pas signalés comme ***fabricants*** de chronomètres de marine, ils devaient, comme d'autres, se fournir d'ébauches qu'ils remontaient et réglaient pour leur clientèle.

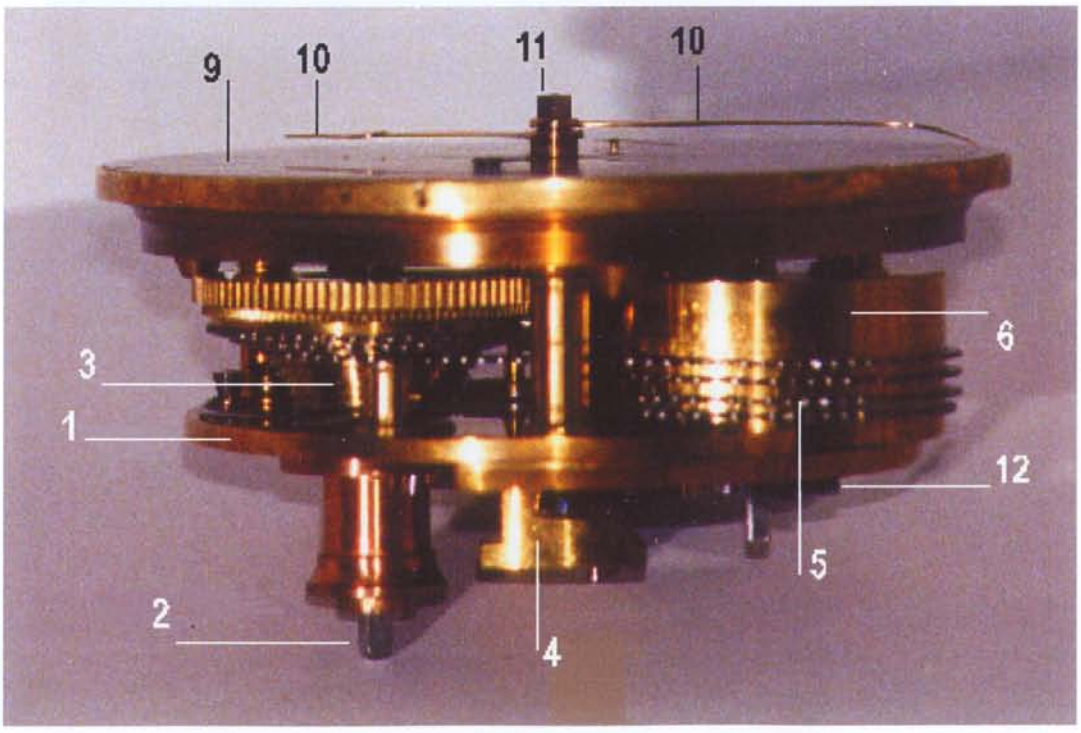
Pour mieux cerner l'origine de cette fabrication, nous avons repris les textes, photos et dessins des ouvrages **de Gould, Randier et Nardin** pour procéder à des comparaisons portant sur les points suivants :

- Forme des ponts, position de la visserie et des piliers.
- Disposition générale du rouage, du barillet et de la fusée.
- "Fini" (décoration des ponts et platines), canon de remontage.
- Echappement à détente genre Earnshaw, forme du piton du coq.
- Balancier-spiral genre Earnshaw, spiral acier.

Les deux photos ci-dessous donnent des vues détaillées de ce mouvement, sous des angles différents, ainsi qu'une brève nomenclature de ses composants.



1) Platine supérieure 2) Axe de remontage 3) Fusée de transmission 4) Coq – Pont de balancier
5) Chaîne de traction 6) Barillet moteur 7) Balancier + poids de réglage 8) Spiral cylindrique
9) Cadran 10) Aiguilles minutes et heures 11) Axe de mise à l'heure 12) Cliquet de retenue



Ces différentes comparaisons nous canalisent, très majoritairement, vers la fabrication des **Frodsham** à Londres, dont l'apogée des activités chronométriques se situe **entre 1860 et 1900.**
Le balancier bimétallique acier / laiton et le spiral en acier bleui placent la fabrication de ce mouvement avant l'arrivée du "balancier intégral" en Invar de C-E. Guillaume, donc **avant 1898.**

Ces informations confirment, en les précisant, les suppositions émises plus haut, à savoir :

> Ce chronomètre de marine **N° 5160** aurait été fabriqué en **1876 ou 1877** par **G - W. FRODSHAM** pour son ébauche, remonté et réglé par **G. WILSON & Co** à Londres, puis livré à **Anchor Line** à Glasgow pour équiper leur navire **Devonia** en service **de déc.1877 à 1899**, entre Glasgow et les U.S.A.

Une énigme reste à élucider : qu'est devenu ce chronomètre de marine entre **1899** et sa réapparition en **1976** à Bazas, en passant par sa révision et contrôle à Southampton en **1925 ???**

Hypothèses : - sur un 2ème Devonia **?**
- propriété privée, antiquaire **?**