

Le carrousel : dispositif tournant méconnu

Joseph Flores

Horloger retraité ROLEX

Amateur d'horlogerie ancienne

Rédacteur en chef de la revue de l'AFAHA

floresjoseph@orange.fr – www.afaha.com

Juin 2020

43

Bulletin SSC n° 89

En horlogerie, tous les dispositifs tournants ont le même but : corriger par compensation, toutes les variations aux différentes positions verticales de la montre, dues à la pesanteur, agissant sur le déséquilibre de l'ensemble réglant, en lui faisant prendre de multiples positions.

Le tourbillon est bien sûr le dispositif le plus connu, il bénéficie largement de la célébrité de son inventeur : Abraham Louis Breguet, en 1801, qui semble avoir donné à tout ce qu'il a touché, une large suprématie... mais environ un siècle plus tard, ce genre de dispositifs a de nouveau intéressé les horlogers de certains pays, comme les États-Unis et l'Angleterre entre autres, et le carrousel, objet de cet article, en est un bel exemple pour l'Angleterre. Pour les États-Unis, le plus connu est la réalisation de la Waterbury avec son mouvement tournant en une heure, (ci-contre) en appui sur une denture fixe.

Mais beaucoup moins connu, du moins en Europe, il y a le «Tourbillon de Taylor», du nom de son auteur, objet d'un brevet datant de septembre 1895, qui fait un tour en 10 minutes. Puis autre exemple, «l'Auburndale Rotary Mass» objet de plusieurs brevets en 1875, 1876, 1877. Il a été réalisé avec différentes durées de révolutions entre 1 h et 2 h 30...

Ces quelques exemples sont loin d'être exhaustifs...



Espérant ne pas paraître prétentieux, je vais tenter d'expliquer la différence entre les dispositifs tournants nommés respectivement tourbillons, origine Breguet en 1801 d'une part, et ceux nommés carrousels, origine Bonniksen en 1892, d'autre part. Je ne reproduirai pas les multiples tentatives d'explications, souvent contradictoires, diffusées tant dans certains ouvrages que sur de nombreux sites Internet, mais j'en reprends néanmoins une seule, dont la raison avancée pour définir le carrousel m'apparaît un peu étonnante... Voici la fin de cette description et le dessin (Fig. 1) qui l'accompagne :

...On peut considérer que le balancier et son pont tournent à la manière d'un cheval de bois sur la plateforme d'un manège. On comprend aisément le pourquoi de l'utilisation du terme de carrousel.



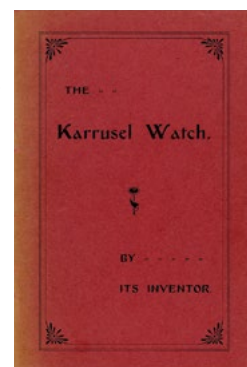
Il est évident que l'auteur (ou les auteurs) de ce texte n'avaient aucune connaissance de la construction du dispositif déposée par Bonniksen en Angleterre, en 1892.

Pour tenter de corriger cette définition, une seule chose me semble incontestable : présenter deux réalisations de Bonniksen, construites sur la base de son brevet anglais du 24 novembre 1892 n°21421, et celui déposé aux États-Unis le 5 novembre 1895, n°549287A 4. (voir ce lien <http://www.google.com/patents/US549287>).

Vous voyez ci-contre, outre le portrait de Bonniksen (Fig. 2), la couverture d'un document traitant de son mécanisme et sur laquelle il est bien indiqué *Karrusel Watch* (Fig. 3).

Alors je donne d'entrée, et le démontre par la suite, ce que je crois être la différence fondamentale entre le tourbillon et le carrousel, afin de tenter de respecter les innovations tant de Breguet que de Bonniksen :

**Le tourbillon a une denture fixe,
le carrousel n'en a pas.**



Les vrais carrousels

Les deux mouvements que je vous présente le confirme. En effet, Breguet dit dans sa description: *le balancier a, outre ses oscillations, un mouvement de rotation autour d'un axe fixe*. Cet axe, c'est celui de la denture fixe autour de laquelle tourne la cage. Dans le carrousel, il n'y a aucune denture fixe. C'est pour cela d'ailleurs, que le tourbillon n'a pas d'effet différentiel, car le pignon et la roue d'échappement tournent autour d'une denture fixe. Dans le carrousel il y a cet effet, car le pignon et la roue d'échappement tournent autour d'une roue en mouvement. D'ailleurs Bonniksen a eut un souci avec son premier modèle car, assez étonnamment pour un horloger de son niveau, il n'avait pas prévu cet effet du différentiel, qui faussait la fréquence prévue!

On constate par ailleurs une différence au niveau des plates-formes. Celle de la figure 7, qui tourne en 34 minutes, comporte une denture sur sa périphérie (flèche noire). Celle de la figure 6 n'en a pas, j'en reparle par la suite.

Juin 2020

44

Bulletin SSC n° 89

Deux réalisations de Bonniksen

Voici deux des réalisations de Bonniksen avec des durées de rotation différentes, l'un en 52 minutes 1/2, l'autre en 34 minutes, et une construction légèrement différente pour chacune d'elles. La première étant à petite trotteuse, l'autre à trotteuse centrale (Fig. 4 et 5).



Fig. 4



Fig. 5

Avant de les présenter, voici une petite remarque sur la terminologie: si souvent, certains veulent attribuer le terme de carrousel aux dispositifs fonctionnant avec une denture fixe, en Angleterre, l'horloger qui a réalisé le modèle à petite trotteuse (Fig. 4), a fait inscrire sur le cadran *English Tourbillon*, pour un dispositif construit sur les bases du carrousel Bonniksen, donc sans denture fixe... Cela démontre encore une fois, la difficulté d'avoir en horlogerie une terminologie universelle, qui précise bien de quoi on parle. Mais il faut aussi comprendre, que les industriels utilisent souvent des termes qui leur semblent plus commerciaux, alors que les historiens doivent impérativement s'appuyer sur la technique et les documents...

Voici une vue de chacun de ces mouvements, (Fig. 6 et 7) pour déjà constater une construction répandue à l'époque, que l'on nomme «un trois quart platine», c'est-à-dire un unique grand pont, et seule la plate-forme tournante portant l'échappement et le balancier est séparée.



Fig. 6



Fig. 7

Mais une autre remarque peut aussi être faite ici: alors que la cage du tourbillon défini par Breguet pivote sous un pont, la plate-forme du carrousel, ne pivote que sur une goutte à sa base, et ne comporte donc pas de pont, on peut donc le qualifier de *carrousel volant*.

Le modèle à 52 minutes 1/2

Il faut déjà préciser que malgré une disposition différente, ces deux réalisations ont le même numéro de brevet: 21421 BB pour Bahne Bonniksen (Fig. 8). Par ailleurs, contrairement à ce qui



Fig. 8

est souvent dit, dans cette première exécution, il n'y a aucun rouage additionnel – sinon la denture de la plate-forme –, et on trouve dans cette disposition, uniquement les 4 roues de toutes les montres classiques et de plus, si l'on bloque la plate-forme on arrête la montre.

Assemblons ce premier mécanisme**1^e étape (Fig. 9)**

Sur la platine de base se disposent le barillet (B) et la roue de centre, dite « grande moyenne » (GM).

Par ailleurs, sur cette même vue, le dégagement délimité par le rond pointillé rouge, indique l'emplacement de la plate-forme du carrousel, et la goutte au centre, celle du pivotement de cette plate-forme (Fig. 10).

Vers 8 heures, se trouve un pont avec une pierre de pivotement (flèche noire) : c'est le pont de la 2^e roue, dite « petite moyenne » qui sera placée sur l'autre face de la platine.

La figure 10 montre les différents dégagements qu'elle comporte, et en particulier la goutte qu'elle a au centre. Cette goutte se loge dans le trou central, (flèche pointillée).

Puis, (Fig. 11), la plate-forme est positionnée.



Fig. 9

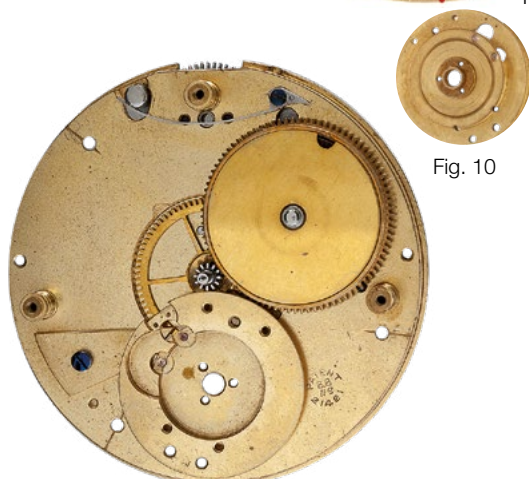


Fig. 10

Fig. 11

2^e étape (Fig. 12)

La platine de base a été retournée sur la face que l'on nomme « cadrature », car c'est celle qui se trouve sous le cadran. Cette vue permet de voir l'emplacement (rond pointillé rouge), et au centre, la goutte dans le rond pointillé noir.

Cette partie est agrandie (Fig. 13), et la goutte est visible au centre. On voit qu'elle comporte 3 trous. Sur cette même vue, la flèche noire indique la pierre de pivotement

de la petite moyenne, et la rouge, la denture de la grande moyenne, les deux cités précédemment.

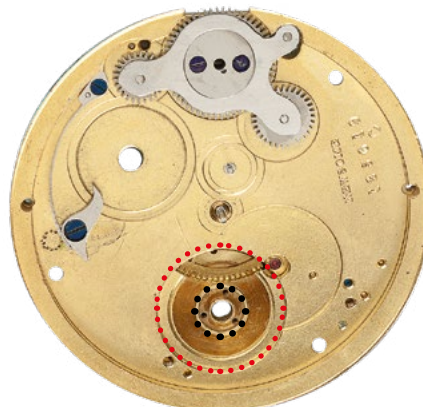


Fig. 12

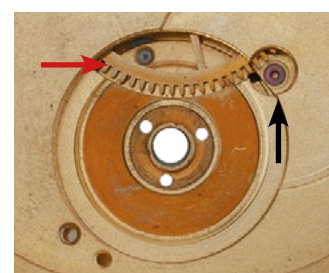


Fig. 13

3^e étape (Fig. 14)

Partie agrandie qui présente la façon dont est fixée la plate-forme. La chose est assez simple à comprendre, les 3 trous indiqués sur la goutte de cette plate-forme, permettent de fixer une plaque ronde dentée, cette opération est réalisée ici. L'ajustement de cette denture sur la goutte de la plate-forme laisse celle-ci libre, pratiquement sans ébat, elle peut donc tourner. Cette vue permet aussi de constater que cette denture se

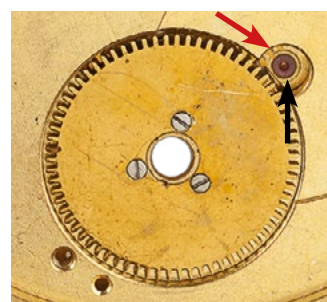


Fig. 14

trouve très proche de la pierre de pivotement de la petite moyenne (flèche noire). Mais également indiqué par la flèche rouge, se trouve la denture de la 1^e roue, celle placée au centre dite « grande moyenne ».

Retournons encore une fois le mouvement (Fig. 15) pour placer en plein centre de la plate-forme une roue, qui est la 3^e, c'est la roue des secondes. On voit son pivotement supérieur dans un pont, maintenu sur la plate-forme par deux vis.



Fig. 15

4^e étape (Fig. 16)



Fig. 16

Une nouvelle étape est cette fois effectuée en plaçant la 2^e roue, celle dite « petite moyenne ».

On imagine bien que sa denture engrène avec le pignon de la roue des secondes placée au centre de la plate-forme, et que son pignon entraîne la plate-forme. **Ce pignon est donc simultanément mené et menant.**

À ce stade de l'assemblage, on constate que la plate-forme est entraînée en rotation sur sa goutte qui lui sert de pivotement. On peut donc déjà calculer sa durée de rotation, sachant que la roue de centre fait un tour en 60 minutes et compte tenu des taillages (Fig. 21), nous avons :

$$\frac{60 \times 70}{8 \times 10} = 52 \text{ min } \frac{1}{2}$$

5^e étape (Fig. 17)

La platine étant de nouveau sur l'autre face, le 3/4 platine a été positionné ne laissant que la découpe pour la plate-forme du carrousel. On voit la 3^e roue placée en plein centre de la plate-forme et on peut ajouter que cette roue n'a aucun contact avec la plate-forme, son pont de pivotement supérieur étant néanmoins vissé sur cette plate-forme.

Ainsi cette roue, qui tourne sur elle-même en une minute, porte la petite trotteuse sur le cadran, alors que son pont tourne avec la plate-forme en 52 minutes 1/2... L'agrandissement de la plate-forme (Fig. 18) permet de mieux voir cette disposition.

On constate également que ce pont de la roue des secondes porte une pierre très près du pivotement de la roue (flèche noire). C'est le pivotement inférieur du balancier, dont je reparlerai. Les deux autres pivotements indiqués par des flèches rouges sont ceux de la roue d'ancre et de l'ancre.



Fig. 17



Fig. 18

6^e étape (Fig. 19)

Comme pour tous les dispositifs tournants, il reste à placer sur la plate-forme l'échappement, ici à ancre de côté du type anglais, (roue à dents pointues) la roue d'ancre et l'ancre sont disposées sous un pont unique.



Fig. 19

Et on constate encore que le pignon de cette roue d'ancre engrène avec la denture de la roue des secondes placée au centre sous son pont, qui sert aussi de pivotement au balancier.

Enfin, en figure 20, le balancier/spiral est placé avec son pont de pivotement supérieur, le coq. L'assemblage de la plate-forme est terminé, elle opère ses révolutions en 52 minutes 1/2.



Fig. 20

Pour clore sur ce modèle, voici (Fig. 21) un dessin schématique des engrenages, et (Fig. 22), un magnifique éclaté réalisé par David Penney.

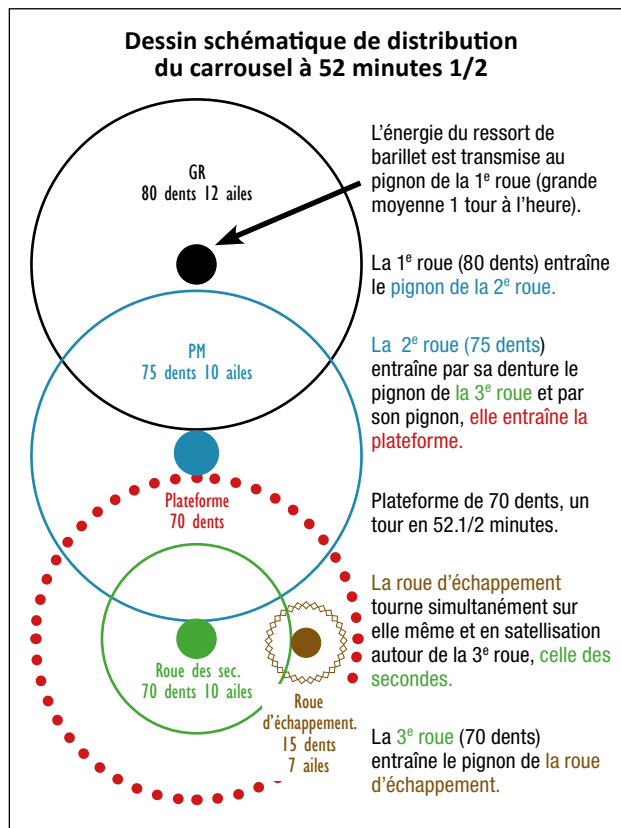


Fig. 21

**Éclaté du carrousel de Bonniksen, par David Penney
Modèle petite trotteuse, à 52 minutes ½**

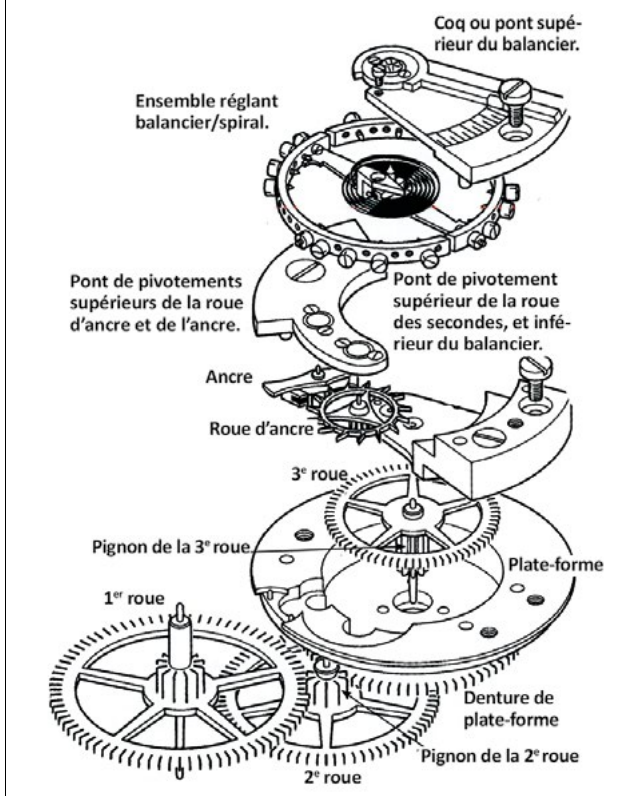


Fig. 22

Le modèle à 34 minutes

Voici en détail, le second modèle réalisé par Bonniksen, dans le but d'obtenir un affichage avec trotteuse centrale, (voir Fig. 5).

1^{er} étape (Fig. 23)

Sur la platine de base sont disposés: – Le barillet (B)
– La 1^{er} roue, grande moyenne (GM), qui n'est plus au centre. – La 2^{er} roue, petite moyenne (PM), qui comporte 2 pignons (Fig. 23a). – La 3^{er} roue, celle des secondes (RS), se trouve au centre et fait un tour à la minute. Elle porte la grande trotteuse centrale.

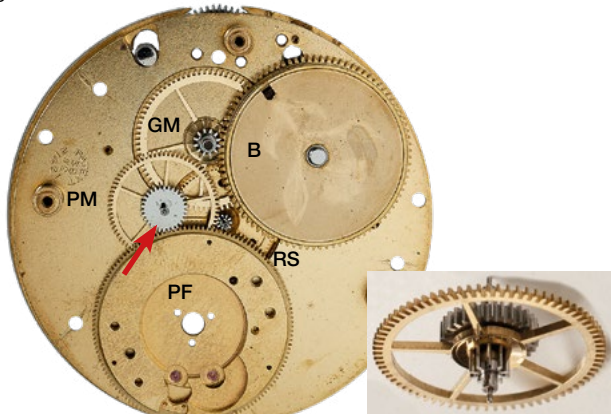


Fig. 23

Fig. 23a

Par ailleurs, sur cette même vue, la plate-forme (PF) est également positionnée, ce qui permet déjà de voir que sa denture se trouve ici sur son pourtour, et que c'est directement le plus grand des 2 pignons de la petite moyenne qui l'entraîne (flèche rouge, Fig. 23), ce qui permet de calculer sa durée de rotation, sachant que la grande moyenne fait un tour à l'heure :

$$\frac{60 \times 136}{8 \times 30} = 34 \text{ min}$$

Sinon, concernant la plate-forme, sur chacune de ses faces (dessus Fig. 24 et dessous Fig. 25), on voit ici que la denture est sur son pourtour, mais que la goutte est identique à celle du calibre à 52 minutes ½.



Fig. 24



Fig. 25

2^{er} étape

Je poursuis par la mise en place de l'échappement sur la plate-forme, avec comme vous le voyez, une disposition totalement identique au premier modèle, nous voyons:

- Fig. 26 et 26a: une roue avec tige seule qui est placée au centre de la plate-forme
- Fig. 27: puis la roue d'ancre et l'ancre sous un seul pont
- Fig. 28: et enfin le balancier/spiral, avec son pont, le coq.



Fig. 26



Fig. 26a



Fig. 27



Fig. 28

On peut remarquer les sens de rotation de la roue d'ancre et de la roue des secondes, qui sont l'inverse que sur le premier modèle et dont la raison est donnée en fin d'article, avec le calcul des fréquences.

Transmission de l'énergie à l'échappement

C'est dans la transmission de l'énergie à l'échappement que se trouve une différence importante. Une présentation de chacune des plates-formes vues de dessous, (Fig. 29 et 30) nous permet de voir ce qu'il en est au niveau de la disposition des choses.

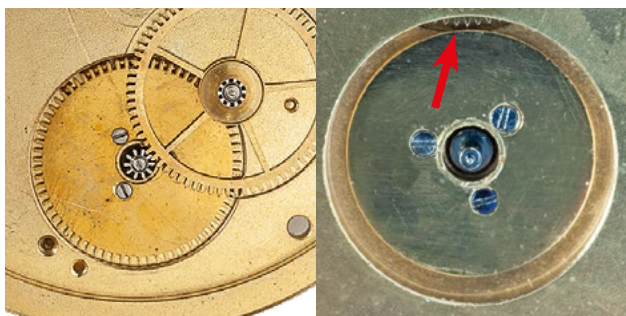


Fig. 29

Fig. 30

Dans chacune des dispositions, nous l'avons vu, une roue est placée au centre de la plate-forme. Le tigeon de cette roue dépasse de l'autre côté de cette plate-forme, mais une différence apparaît directement. Sur la figure 29 (modèle à 52 minutes 1/2), se trouve une plaque dentée, sur la figure 30, la même plaque n'est pas dentée.

Par ailleurs, sur la figure 30, une flèche indique dans une fenêtre aménagée dans la creusure, quelques dents d'une roue. Il s'agit de la roue des secondes placée au centre du mouvement, (voir Fig. 26) et qui fait un tour à la minute. Elle porte ainsi la grande trotteuse sur le cadran.

Cette fois, figure 31, vous voyez une roue sans tigeon, percée d'un trou au centre. Cette roue vient se glisser fermement sur le tigeon un peu conique de la roue placée au centre de la plate-forme comme cela est fait sur la figure 32.

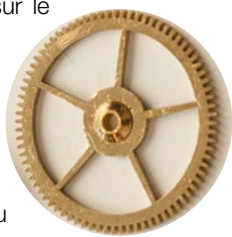


Fig. 31

On voit alors qu'elle engrène avec la denture de la roue placée au centre, (flèche). Ces deux roues forment donc un montage coaxial, tel qu'il est présenté figure 33, avec une

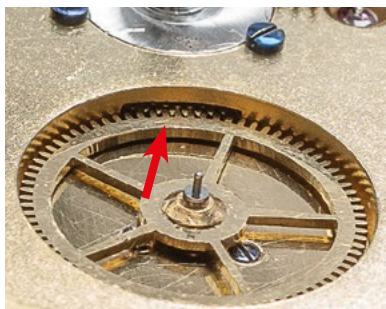


Fig. 32

roue de part et d'autre de la plate-forme qui tourne à l'inverse de la roue des secondes.

Et pour terminer l'assemblage, évidemment un pont vient se positionner assurant le pivotement de ces roues coaxiales (Fig. 34).



Fig. 33

Fig. 34

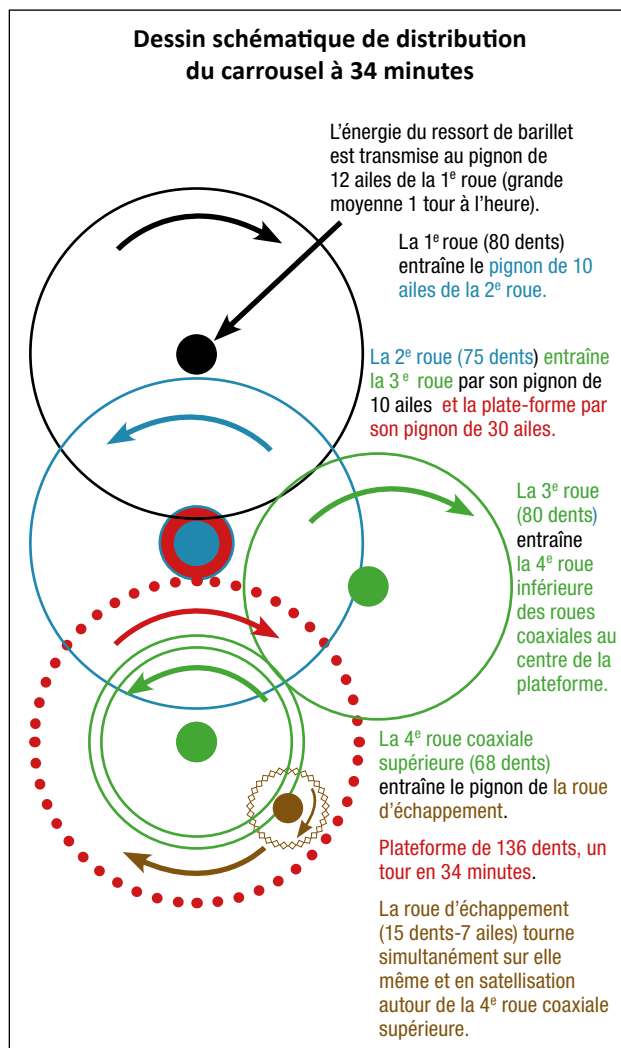


Fig. 35

Conclusion

Pour récapituler, je vais tenter de résumer le plus sommairement possible ce qui justifie à mon sens, ces différences d'appellations. Il suffit de reprendre les revendications de Breguet, dans les dernières lignes de son mémoire du 13 mai 1801: *...Il est donc évident que tout artiste qui donnerait au balancier le double mouvement d'oscillation et de rotation continu autour d'un axe fixe serait un contre-facteur. J'ai moi-même varié ces dispositions, mais comme elles ne constituent pas le caractère essentiel de mon invention, je me dispenserai d'en parler en détail. Je n'ai donné la manière ci-dessus de disposer les autres pièces de mon*

tourbillon que pour fixer les idées sur l'emploi du moyen fondamental.

Cela semble clair, suivant ce texte, tous les dispositifs faisant tourner l'ensemble balancier/spiral autour d'un axe fixe sont considérés par Breguet comme des contrefaçons. A contrario, si l'on n'utilise pas de dentures fixes, pour réaliser un dispositif qui remplit les mêmes exigences, ça ne sera plus un plagiat. Les deux réalisations que Bonniksen a nommées carrousel, entrent dans ce cadre, avec la même efficacité que le tourbillon. Cette question de denture fixe ou pas, se retrouve dans le fait que le dispositif de Breguet n'a pas d'effet différentiel, alors que celui de Bonniksen en a un. Voici résumé ce qui pour moi différencie le tourbillon du carrousel : uniquement la denture fixe, avec sa conséquence d'effet différentiel dans le carrousel de Bonniksen et pas dans le tourbillon de Breguet.

Le différentiel fait la différence

On l'a bien compris, c'est cette disposition du rouage qui fait la grande différence entre le tourbillon et le carrousel.

Maintenant, il a été dit que Bonniksen, sur son premier modèle à 52 minutes $\frac{1}{2}$, avait eu un problème avec les rapports d'engrenages car, apparemment, il n'avait pas pensé que cette disposition avait un effet de différentiel, eu égard au fait que la roue des secondes tourne sur elle-même, tout comme tourne la plate-forme qui porte la roue d'échappement, qui tourne aussi simultanément sur elle-même, et en satellisation autour de la roue des secondes.

Il est clair donc que ces mouvements différents et simultanés, compliquent les calculs de la fréquence.

Cela n'est pas le cas pour le tourbillon de Breguet, car la roue d'échappement tourne autour d'une denture fixe, et c'est principalement là que le carrousel est différent du tourbillon.

Comme cela vient d'être dit dans les conclusions, l'axe fixe est le seul point revendiqué par Breguet, et il est même possible que Bonniksen ait cherché une autre méthode pour ne pas plagier Breguet, en fait une disposition particulière du rouage, pour mener l'énergie à l'échappement, ce en quoi il a parfaitement réussi, mais en ajoutant cet effet différentiel qui procure une difficulté supplémentaire de rapports d'engrenages.

En fait ici, compte tenu des différents taillages des roues, il est impératif de faire opérer un tour à l'heure à la roue porteuse de l'aiguille des minutes, et un tour à la minute à la roue porteuse de l'aiguille des secondes, le taillage des roues, et conséquemment la fréquence horaire, s'impose.

Par ailleurs, un autre élément entre en ligne de compte, qui se trouve dans le fait que si les plates-formes tournent dans le même sens, (flèches noires Fig. 36 et 37). Il n'en est pas de même pour les roues placées au centre de ces plates-formes, qui tournent à l'inverse l'une de l'autre (flèches rouges) avec la même conséquence pour les roues d'échappements (idem flèches blanches). Ce fait, inverse

le calcul des fréquences. Le nombre de tours que la plate-forme fait en une heure, doit s'additionner dans un cas, et se soustraire dans l'autre, explication ci-après.



Fig. 36

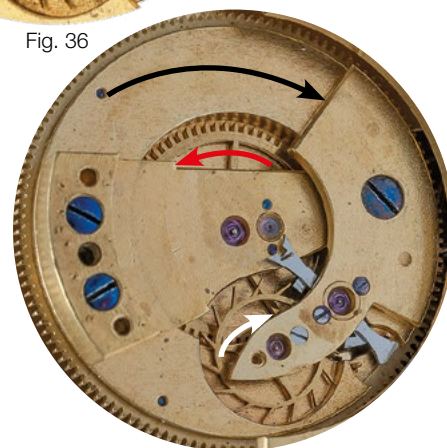


Fig. 37

Démonstration avec de simples rapports d'engrenages

Voici deux dessins schématiques (Fig. 38 et 39) qui représentent : d'une part, en fond bleu la plate-forme tournante qui fait un tour à l'heure). Elle porte la roue d'échappement, le petit rond bleu étant le pignon (8 ailes) de cette roue.

D'autre part, en rouge, la roue des secondes (80 dents, un tour à la minute) qui engrène avec le pignon (8 ailes) de la roue d'échappement placée sur la plate-forme.

Le trait noir, indique la position de la roue, les flèches indiquent le sens de rotation de chacun des modèles.

La fréquence d'un tel rouage est simple :

$$80 : 8 \times 30 \times 60 = 18'000\text{Ah}$$

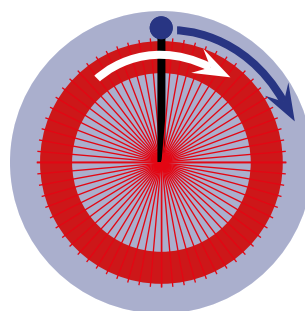


Fig. 38

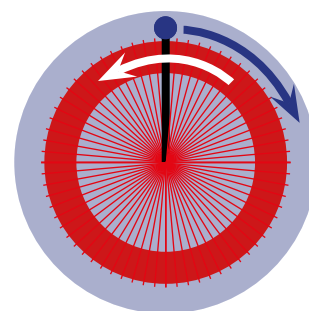


Fig. 39

Avec le même rouage et la disposition utilisée par Bonniksen il faut comprendre que: dans le cas de la figure 38, la roue et la plate-forme tournent dans le même sens, au bout d'une heure, la roue des secondes (rouge) devrait normalement avoir fait 60 tours, mais comme la plate-forme, qui porte la roue d'ancre, a aussi fait un tour dans le même sens, ce tour a augmenté le nombre d'alternances ($80 : 8 \times 30 \times 61 = 18'300\text{Ah}$) qu'il faut donc supprimer, en enlevant un tour à ceux de la roue des secondes...

Dans le cas de droite, dans lequel la roue et la plate-forme tournent à l'inverse l'une de l'autre, le calcul est aussi inverse car après une heure la plate-forme qui tourne à l'inverse aura supprimé un tour, la roue des secondes aura alors fait seulement 59 tours soit 300 alternances de moins d'où une fréquence de: $80 : 8 \times 30 \times 59 = 17'700\text{Ah}$, ici il faut ajouter un tour. ■

Voici deux tableaux indiquant la fréquence de chacun des modèles de Bonniksen, dans lesquels on voit (sur la 52 min $\frac{1}{2}$.) que la fréquence obtenue ne permet pas à l'aiguille d'afficher les secondes. Par contre, dans celui à 34 minutes, le but est atteint, mais avec des rapports d'engrenages particulièrement complexes...

Fréquence horaire calculée sur la base de durée de rotation de la plate-forme

1	Rotation de la plate-forme en 52 min $\frac{1}{2}$ soit 3'150 secondes (52.5 x 60)	
2	Nombre de tours de la plate-forme en 1 heure	$3'600 : 3'150 = 1.142857142857143$ tours
3	Nombre de tours de la roue des secondes en 1 heure	60 tours
4	Suivant les explications données, et comme ici la roue des secondes tourne dans le même sens que la plate-forme, il faut soustraire un tour, soit :	$60 - 1.142857142857143 = 58.85714285714286$ tours
5	La roue des secondes engrène avec le pignon de la roue d'ancre avec un rapport de $70 : 7 = 10$, le nombre de tours/heure de la roue d'échappement sera de :	$58.85714285714286 \times 10 = 588.5714285714286$ tours/heure
6	Comme la roue d'échappement a 15 dents, que chacune des dents fournit 2 alternances, la fréquence horaire sera de : (Bonniksen pensait 18'000Ah, fréquence obtenue sans tenir compte de l'effet du différentiel).	$588.5714285714286 \times 30 = 17'657.14285714286\text{Ah}$

Fréquence horaire calculée sur la base de durée de rotation de la plate-forme

1	Rotation de la plate-forme en 34 min soit 2'040 secondes (34 x 60)	
2	Nombre de tours de la plate-forme en 1 heure	$3'600 : 2'040 = 1.76470588235294$ tours
3	Nombre de tours de la roue des secondes en 1 heure	60 tours
4	Suivant les explications données, et comme ici la roue des secondes tourne à l'inverse de la plate-forme, il faut ajouter un tour, soit :	$60 + 1.76470588235294 = 61.76470588235294$ tours
5	La roue des secondes engrène avec le pignon de la roue d'ancre avec un rapport de $68 : 7 = 9.714285714285714$, le nombre de tours/heure de la roue d'échappement sera de :	$61.76470588235294 \times 9.714285714285714 = 600$ tours/heure
6	Comme la roue d'échappement a 15 dents, que chacune des dents fournit 2 alternances, la fréquence horaire sera de :	$600 \times 30 = 18'000\text{Ah}$

Bibliographie

- [1] Essentiellement les brevets respectifs du tourbillon de Breguet, accordés en date du 12 prairial An 9 (31 mai 1801), et du carrousel de Bonniksen, n° 21421 en date du 24 novembre 1892.
- [2] Les deux mouvements avec carrousel sont issus d'une collection privée.