

# 1<sup>er</sup> étage

La mesure du temps

## Huygens et le ressort spiral

Fiche professeur

Moins de vingt ans après l'invention du pendule (-> voir fiche « Galilée et le pendule »), Christiaan Huygens fait une autre grande découverte pour l'horlogerie. En 1675, il invente le ressort spiral (autres appellations : **balancier spiral**, **ressort réglant**, **spiral réglant**). Le spiral, qui se tend et se détend de façon régulière en s'enroulant sur lui-même, permet de découper le temps en intervalles réguliers. Cette invention peut être considérée comme aussi fondamentale que celle du pendule. Le pendule était l'organe régulateur\* de l'horloge, le ressort spiral est celui de la montre.

Cette invention représente une révolution pour l'horlogerie. Auparavant, il arrivait souvent que les montres affichent un retard journalier d'environ une heure. Grâce à Huygens, elles n'ont plus qu'un écart de quelques minutes. A partir de ce moment, on ne fait plus aucune montre sans ressort spiral et les anciennes montres ne contenant pas encore cet organe sont transformées. Le ressort, contrairement au pendule, a l'avantage de fonctionner dans n'importe quelle position dans l'espace.



**Attention, à ne pas confondre :**

Le ressort spiral est employé de deux façons en horlogerie :

*« **Spiral**, ressort, (Horlogerie.) c'est une lame d'acier ployée en ligne spirale, susceptible de contraction & de dilatation, élastique, que les horlogers emploient de deux manières différentes, l'une pour servir de force motrice, & l'autre de force réglante. »*

Source : Encyclopédie Diderot et d'Alembert, article spiral

Sur cette fiche, nous abordons la force « réglante », **régulatrice** :

*« **Ressort spiral**, ou simplement **spiral**, signifie parmi les Horlogers un petit ressort courbé en ligne spirale, & attaché par une de ses extrémités à l'arbre du balancier, & par l'autre à la platine de dessus. »*

Source : Encyclopédie Diderot et d'Alembert, article ressort spiral

### Légende

1 Le cabinet de curiosités (1<sup>er</sup> étage du musée), table traitant du ressort spiral.

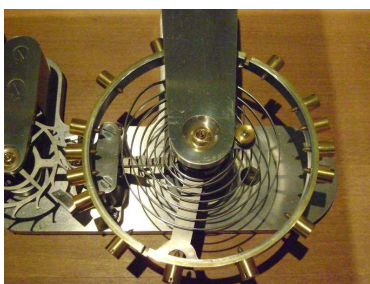
2 Ressort spiral, détail de la maquette de montre, ancienne Ecole d'Horlogerie de Besançon, fin du XIX<sup>e</sup> siècle, MDT.

3 Maquette d'échappement à ancre, détail du ressort spiral, autour de 1900, Dépôt du lycée Jules Haag, Besançon.

1



2



3



## ... On passe à la pratique !

Corrigé

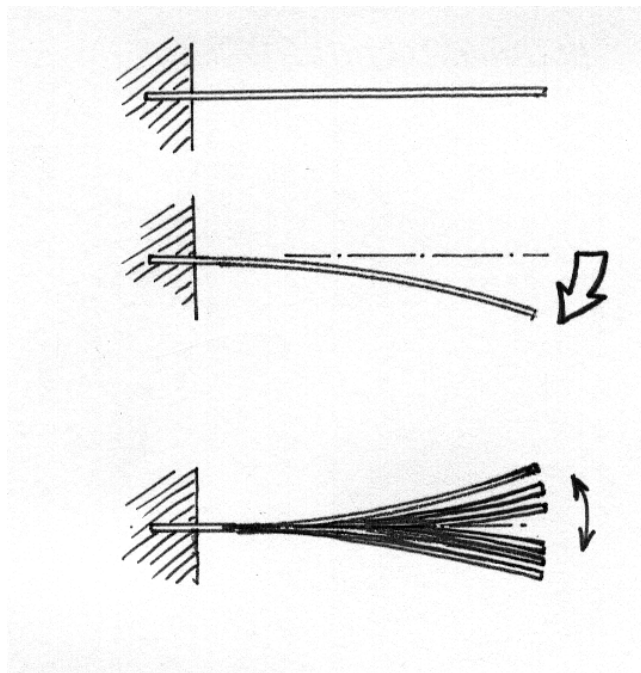


Rendez-vous devant la manipulation traitant du ressort spiral.

1. Actionnez le ressort spiral.
2. Observez le ressort en mouvement. Quelle ressemblance y a-t-il avec le pendule ?

Les deux sont des dispositifs oscillants. Plus régulier encore qu'un pendule, le ressort spiral s'approche de l'isochronisme. Le ressort spiral est comme le pendule pour l'horloge, l'organe régulateur de la montre.

Comme chez le pendule, la longueur du ressort spiral influe sur sa période d'oscillation. On retrouvera une analogie avec une règle fixée sur une table, dont on fait varier la longueur avant de la faire osciller autour de sa position d'équilibre.



## Lien avec les programmes scolaires

Particulièrement les classes de terminale S en physique sur le thème des oscillations mécaniques. D'une façon plus générale, approche de la mesure du temps par les élèves des classes de seconde :

- histoire des dispositifs de mesure des durées
- amélioration des techniques et de la précision des mesures
- approche des miniaturisations successives amenant aux montres actuelles

# Compléments scientifiques

## Historique de l'organe régulateur de la montre

Les premières montres apparaissent vraisemblablement au XV<sup>e</sup> siècle. Leur miniaturisation par rapport à une horloge et surtout leur mobilité, car elles doivent fonctionner dans toutes les positions spatiales, obligent les horlogers à concevoir des mécanismes différents des modèles fixes dont elles s'inspirent. Ainsi, l'énergie ne peut plus provenir de masses qui chutent et l'oscillateur ne peut plus être un pendule oscillant. Les montres seront mues par des ressorts, la force du ressort, elle, sera réglée par un dispositif appelé fusée (fig. 8). Ce premier problème résolu, elles resteront cependant d'une faible précision en l'absence d'un réel organe régulateur. Une montre pouvait aisément afficher un retard journalier d'environ une heure.

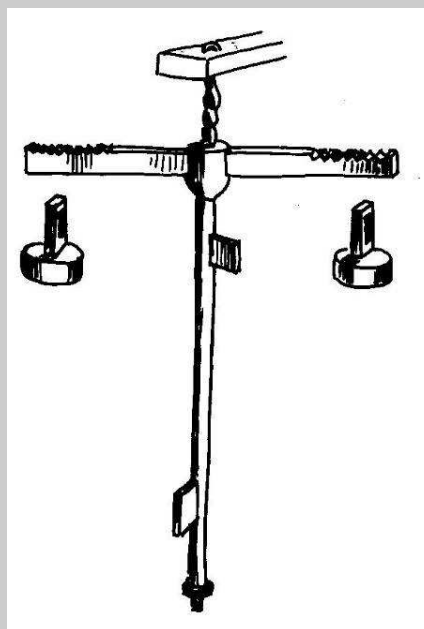
La solution à ce problème sera seulement trouvée au XVII<sup>e</sup> siècle. Christiaan Huygens, qui une vingtaine d'années auparavant avait déjà révolutionné l'horloge par l'ajout du pendule régulateur, sera l'auteur d'une autre grande découverte pour l'histoire de la mesure du temps. En 1675, il invente le ressort spiral, l'organe régulateur de la montre. Cette avancée technique peut être qualifiée comme aussi innovante que celle du pendule.

Si l'on se souvient de l'élément torsadé, essentiel dans l'horloge à foliot (fig. 1) dès le XIII<sup>e</sup> siècle, on peut y voir l'ancêtre de ce ressort spiral. Améliorer l'inertie, ralentir ce mouvement de torsion, c'est concevoir le dispositif de balancier (fig. 2) ou de volant (fig. 3) qui fera assez tôt son apparition. Dans cette logique de recherche il est normal que Huygens conçoive ses inventions en s'inspirant des deux types de dispositifs. La figure 4 (dessin original de Huygens datant de 1675) montre un balancier à deux masselottes comparables mécaniquement au foliot. Huygens équipera finalement la montre d'un volant d'inertie (fig. 5 et 6).



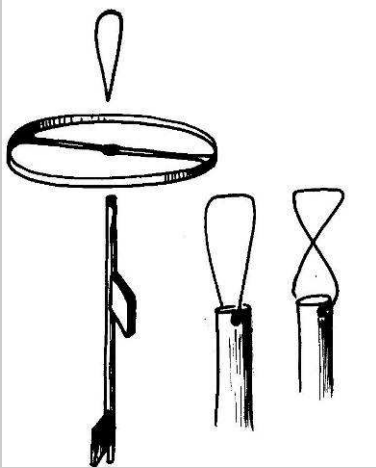
Dessin © service médiation MDT

Fig. 1 : Foliot avec fil de maintien torsadé.



Dessin © service médiation MDT

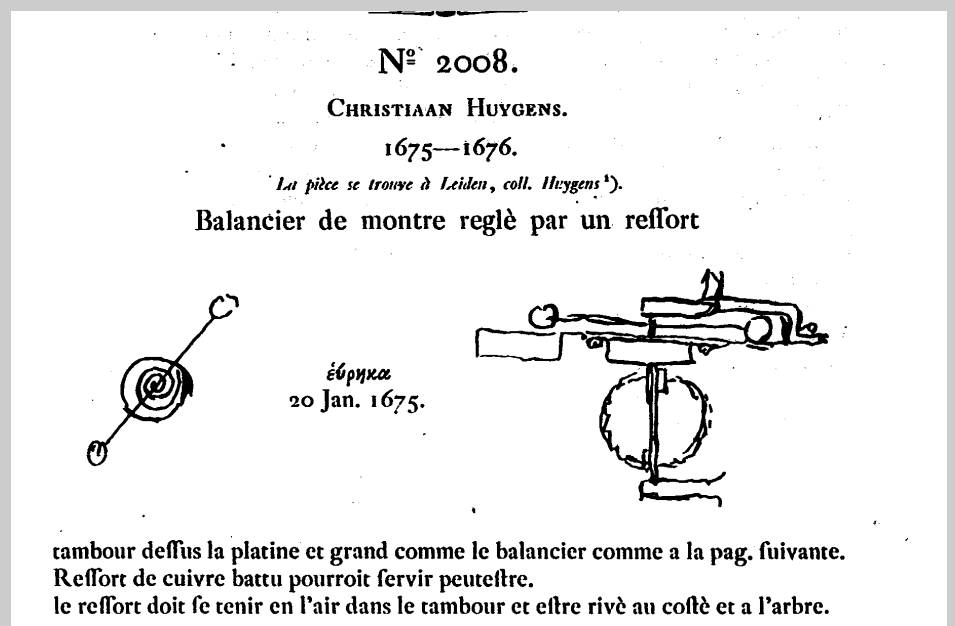
Fig. 2 : Foliot amélioré d'un système de contrepoids, réglables sur balancier.



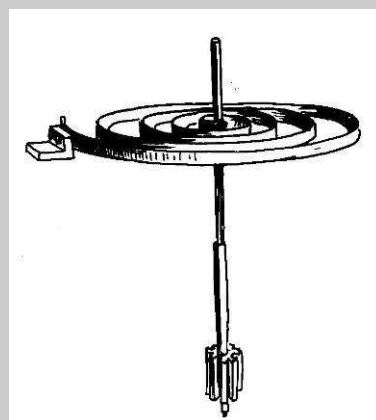
Dessin © service médiation MDT

Fig. 3 : Volant d'inertie, dispositif visible au centre de la table traitant la régulation dans le cabinet de curiosités au 1<sup>e</sup> étage.

Fig. 4 : Document extrait de l'œuvre de Huygens montrant un système de balancier monté sur un ressort spiral.



Source : Christiaan Huygens, Œuvres complètes, tome VII, Correspondance 1670-1675, La Haye 1897, p. 408, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k77855k.image.f422.pagination>, 26 août 2010.



Dessin © service médiation MDT

Fig. 5 : Le ressort spiral réglant d'après Huygens.

Fig. 6 : Le ressort spiral réglant avec son volant d'inertie.

Source : Christiaan Huygens, Œuvres complètes, tome VII, Correspondance 1670-1675, La Haye 1897, p. 425, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k77855k.image.f439.pagination>, 26 août 2010.

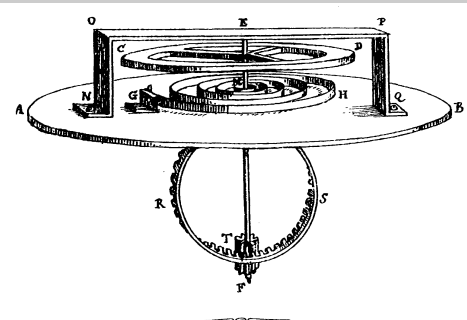
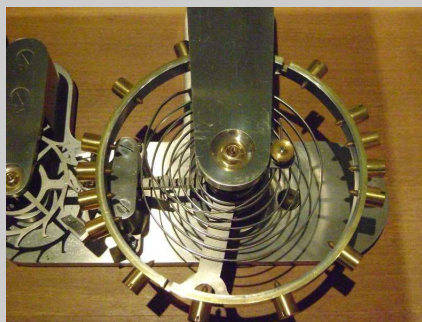
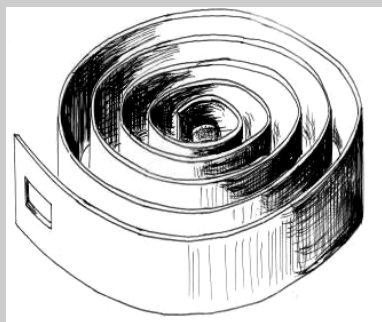


Fig. 7 : Attention, à ne pas confondre ! Dans une montre, il y a deux sortes de ressorts. Chacun d'eux est visible dans le cabinet de curiosités au 1<sup>er</sup> étage du musée :

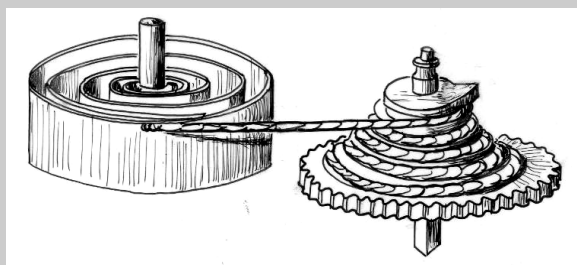


Dessin et photo © service médiation MDT

**A gauche** : Ressort, habituellement enfermé dans son boîtier, appelé tambour. Remonté, il sert de force motrice.

**A droite** : Ressort spiral, organe régulateur de la montre.

On pourra faire remarquer aux élèves la différence assez nette de dimensions et d'épaisseur des deux types de ressorts : massif et large pour le ressort moteur, fragile et fin pour le ressort spiral.



Dessin © service médiation MDT

Fig. 8

Le même ressort, servant de force motrice, dans son boîtier, accompagné de la fusée, qui égalise la force du dispositif pendant toute la détente du ressort.

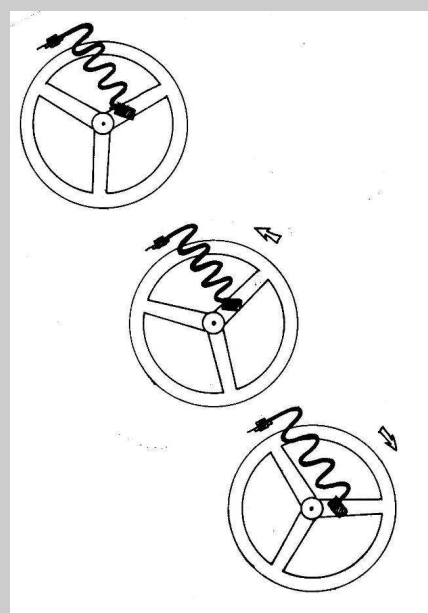
Si la forme de la fusée apparaît conique, il s'agit en réalité d'une hyperbole.

Fig. 9

Oscillateur à ressort latéral, hélicoïdal, donnant au volant un mouvement analogue à celui obtenu par un ressort spiral. Dispositif inventé par l'abbé horloger **Jean de Hautefeuille**. Ce physicien horloger français, contemporain de Huygens, inventa une horloge, dans laquelle l'oscillateur était un ressort hélicoïdal couplé à un volant. Il a disputé à Huygens l'invention du ressort spiral.

Un autre physicien non moins célèbre a souhaité se voir attribuer la paternité du même objet que Huygens, il s'agit de **Robert Hooke**. C'est vrai qu'on lui doit la théorie de l'élasticité des ressorts, spiraux ou non.

C'est cependant Huygens qu'appliqua le ressort spiral avec succès à l'horlogerie.



Dessin © service médiation MDT

N<sup>o</sup> 2014.

CHRISTIAAN HUYGENS à J. GALLOIS.

[FÉVRIER] 1675.

*Appendice au No. 2013.*

*La lettre a été publiée dans le Journal des Sçavants du 25 février 1675.*

Ayant trouvé une invention long-temps souhaitée, par laquelle les horloges sont rendues tres justes ensemble & portatives; je crois que ce fera faire chose agreable au public de luy en faire part. C'est pourquoy je vous envoie la description & la figure du modèle, qui contient ce qu'il y a de particulier dans cette invention; afin que parmy d'autres nouveutez en matiere de sciences, vous puissiez, s'il vous plaist, les inferer dans vostre Journal.

Les Horloges de cette façon estant construites en petit seront des montres de poche tres-justes, & en plus grande forme pourront servir utilement par tout ailleurs, & particulièrement à trouver les longitudes tant sur mer que sur terre, puisque leur mouvement est réglé par un principe d'égalité, de même qu'est celui des pendules corrigé par la Cycloïde, & que nulle forte de voiture ne les peut faire arrester.

Le secret de l'invention consiste en un ressort tourné en spirale, attaché par son extremité interieure à l'arbre d'un balancier equilibre, mais plus grand & plus pesant qu'à l'ordinaire, qui tourne sur ses pivots, & par son autre extremité à une piece qui tient à la platine de l'horloge. Lequel ressort, lors qu'on met une fois le balancier en bransle, serre et desserre alternativement ses spires, & conserve avec le peu d'aide qui luy vient par les rouës de l'horloge, le mouvement du balancier, en sorte que quoy qu'il fasse plus ou moins de tour, les temps de ses reciprocations sont toujours égaux les uns aux autres.

Source : Christiaan Huygens, Œuvres complètes, tome VII, La Haye 1897, p. 424, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k77855k.image.f438.pagination>, 26 mai 2010.

Dans cette première mention du ressort spiral datant du 25 février 1675, Huygens vante tout l'intérêt de ce dispositif. Le ressort apporte une régularité qui peut s'avérer utile tant sur mer que sur terre. Ainsi, lit-on, que même les soubresauts d'un carrosse ne réussiraient pas à dérégler la montre contenant ce dispositif.