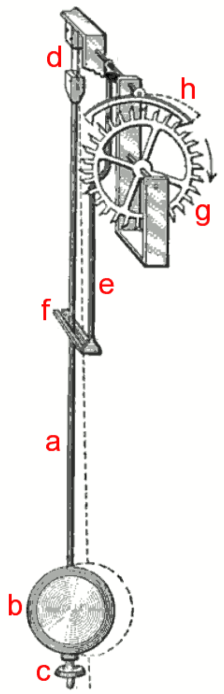
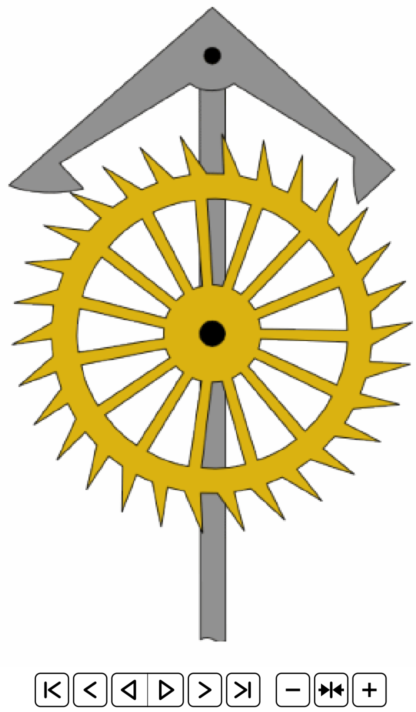
Devoir en temps libre n° 32

Principe d'une horloge à balancier

Une horloge (ou une montre) possède un mécanisme qui fait avancer une aiguille à intervalles de temps réguliers, par exemple chaque seconde. L'énergie est fournie par la descente d'une masse qui entraine la rotation d'une roue liée à l'aiguille. Faute d'autre dispositif, la masse descendrait d'un coup et ferait tourner l'aiguille de façon continue. Pour que l'aiguille ne bouge qu'à intervalles de temps réguliers, on ajoute un dispositif appelé « échappement ». L'ensemble est schématisé ci-dessous [1] avec g la roue, h l'échappement, a le balancier et b la masse. Une animation de l'échappement est visualisable ci-dessous et fonctionne sur le fichier pdf [2].



(a) pendule à balancier



(b) animation de l'échappement

En supposant que le balancier oscille selon la même loi qu'un pendule simple (une masse au bout d'un fil), déterminer la longueur qu'il doit avoir pour faire avancer l'aiguille des secondes.

Que faut-il faire régulièrement ?

1. Schéma issu de l'ouvrage de Silas Ellsworth Coleman (1906) : *The Elements of Physics*, D.C. Heath & Co., Boston, p.109, fig.87, disponible sur https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pendulum-with-Escapement.png

2. Cette animation réalisée par Chetvorno, est également visible sur l'article Wikipedia : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89chappement_(horlogerie)#/media/Fichier:Anchor_escapement_animation_217x328px.gif

Corrigé du devoir en temps libre n° 32

éléments de correction

D'après le cours, la période propre des oscillations est :

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

avec L la longueur du balancier. Le but d'une horloge est de battre les secondes. D'après l'animation, la roue qui fait avancer l'aiguille des secondes se met en rotation à chaque demi-période. Il faut donc que $T_0/2 = 1\,\mathrm{s}$. On en déduit :

$$L = g \times \left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 = 0{,}99\,\mathrm{m}$$

En d'autres termes, il faut un balancier de 1 m pour battre les secondes. Ceci explique la taille importante des horloges à balancier. Notons que, sur le schéma du dispositif présenté dans l'énoncé, la fourche f empêche une trop grande amplitude d'oscillation, pour rester dans le domaine harmonique.

En réalité, du fait des frottements, l'amplitude des oscillations finit par diminuer. Il faut alors relancer le balancier. Dans certaines pendules, les oscillations sont entretenues par une masse liée au système qui descend progressivement (elle communique son énergie potentielle au système) ; une fois en bas, cette masse (abusivement nommée le « poids ») doit être remonté (on « remonte » son horloge ou sa montre). Le « poids » est bien visible sur la photo ci-dessous[3].

3. Photo issue du catalogue du vendeur 1001 pendules, disponible sur le site : https://www.1001pendules.fr/pendule-murale-a-balancier-haut-de-gamme-en-merisier-_r_108_i_924.html