

Chapitre 18

Le temps et sa mesure

RÉVISION ET RÉSUMÉ

Phénomène périodique Un phénomène périodique est un phénomène qui se reproduit, identique à lui-même, à intervalle de temps régulier.

Période La période T est la plus petite durée au bout de laquelle le phénomène périodique se reproduit. Elle est exprimée en seconde (symbole s).

Fréquence La fréquence est l'inverse de la période :

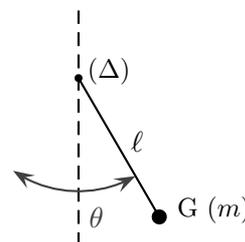
$$f = \frac{1}{T}$$

Elle est exprimée en hertz (symbole Hz).

Mesure du temps Pour se repérer dans le temps, on utilise :

- des phénomènes astronomiques périodiques, comme le rotation propre de la Terre sur elle-même (le jour) ou la révolution de la Terre sur son orbite (l'année) ;
- des dispositifs construits par l'homme : clepsydre, sablier, horloge francomptoise, montre mécanique, montre à quartz, horloge atomique ;
- la seconde, définie à partir d'une raie spectrale du césium 133.

Pendule simple Un pendule *simple* est formé d'une masse m supposée ponctuelle, de centre d'inertie G , liée à l'axe de rotation (Δ) par un fil inextensible, de longueur ℓ , de masse négligeable.



Amplitude Le pendule oscille sur une trajectoire circulaire (un arc de cercle), avec une certaine amplitude angulaire maximale θ_{\max} . La valeur de cette amplitude maximale dépend des conditions initiales : vitesse initiale et angle initial de lâché.

Loi d'isochronisme Dans le cas d'une amplitude maximale faible ($\theta_{\max} < 10^\circ$), la période propre, notée T , est indépendante de l'amplitude des oscillations.

Vérification expérimentale Vous devez être capable de tracer la courbe de T^2 en fonction de ℓ . Cette courbe est une droite lorsque la loi d'isochronisme des petites oscillations ci-dessus est vérifiée.

EXERCICES

Étalons de durées

18.1 Application résolue p. 109 : Unités

18.2 Mesure du temps

- a. Recherchez dans une encyclopédie les dates de découverte des dispositifs suivants : *sablier* ; *clepsydre* ; *montre à quartz* ; *cadran solaire* ; *horloge atomique* ; *horloge à balancier*.
- b. Pour chacun des dispositifs précédents, donnez un ordre de grandeur de l'étalon de durée utilisé (généralement il s'agit de la durée minimale que le dispositif permet de mesurer). En déduire un classement des différents dispositifs selon leur précision.
- c. Quels dispositifs reposent sur un phénomène périodique ?

18.3 N°12 p. 116 : Décalage horaire

18.4 N°3 p. 115 : QCM

Calculs de périodes et de fréquences

18.5 N°9 p. 115 : Période

18.6 N°10 p. 116 : Fréquence

18.7 N°16 p. 116 : Chute d'une bille

18.8 Pouls

Un élève compte les battements de son pouls. Il trouve 70 battements par minute. Calculer la fréquence en hertz (Hz) et la période en seconde (s).

Pendules & horloges

18.9 Exercice résolu p. 114 : pendule pesant

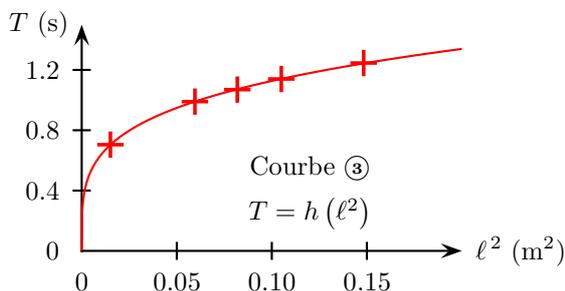
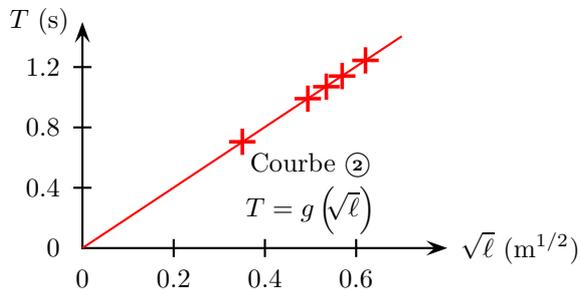
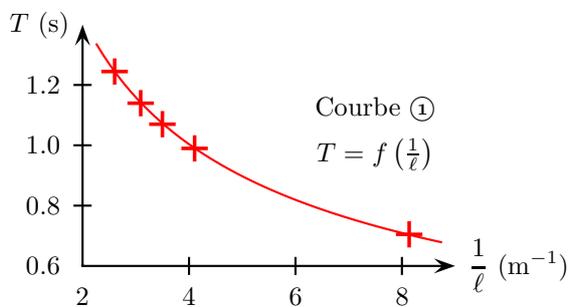
18.10 Période d'oscillation d'un pendule

Un pendule simple est constitué par une petite sphère en plomb, de masse m égale à 125 g, suspendue à une extrémité d'un fil inextensible.

On fait varier la longueur ℓ du pendule en laissant pendre une longueur plus ou moins grande du fil. Pour différentes longueurs du pendule simple, des mesures de la durée Δt de 20 petites oscillations donnent les résultats consignés dans le tableau ci-dessous.

Longueur ℓ (cm)	12,3	24,4	28,6	32,4	38,5
Durée Δt (s)	14,1	19,8	21,4	22,8	24,9

À partir des résultats expérimentaux, on a tracé les courbes suivantes.



1. Quel est le graphique le plus simple à exploiter ? Justifier.
2. La relation linéaire entre la période T du pendule et la longueur ℓ du fil peut s'écrire :

$$T = k \cdot \ell^a$$

Déterminer graphiquement les valeurs de a et de k .

3. a. Donner l'expression littérale de la période T en fonction de la longueur ℓ du fil et de l'intensité de la pesanteur g .
b. En déduire la valeur théorique de la constante k . Conclure.

18.11 Pendule de Foucault

Le pendule de Foucault, composé d'une sphère d'acier de 28 kg suspendue à l'extrémité d'un fil d'acier de 1,4 mm diamètre et de 67 mètres de longueur, est un pendule simple accroché au centre de la coupole du Panthéon par Léon FOUCAULT pour l'exposition universelle de 1851.

Le plan d'oscillation de ce pendule tourne de façon visible, même lors d'une seule oscillation ; l'effet est dû à la rotation de la Terre, le pendule conservant en réalité un plan d'oscillation constant (= la Terre tourne sous le pendule!).

- a. Dans quel référentiel le plan d'oscillation du pendule est immobile ?
- b. Pourquoi le pendule de FOUCAULT peut-il être assimilé à un pendule simple ?
- c. À quelle condition la loi d'isochronisme des petites oscillations est applicable ?
- d. Cette condition est-elle remplie si l'amplitude du déplacement horizontal de la sphère est de 10 mètres ?
- e. La période propre d'un pendule pesant est donnée par la formule :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

où ℓ est la distance entre le point d'accroche du fil et le centre d'inertie de la masse, et $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ est l'intensité de la pesanteur à Paris. Calculez la période propre du pendule de FOUCAULT.

18.12 Pendule et méridien

1. Une horloge à balancier est constituée d'un pendule simple, de faible amplitude ($< 10^\circ$), dont les oscillations sont entretenues par un système de poulies et de poids. Elles incrémentent un compteur d'impulsions qui fait avancer les aiguilles.
 - a. Pourquoi doit-on prévoir un système d'entretien des oscillations dans une horloge à balancier ?
 - b. La masse du pendule a-t-elle une influence sur sa période ?
 - c. Sur quel paramètre jouer pour ajuster la période des petites oscillations d'un pendule simple ?
2. En 1714, la Grande-Bretagne promet un prix de 20 000 livres à celui qui réussirait à concevoir une horloge restant fiable sur un navire. En effet, noter précisément l'heure à laquelle le Soleil passe par son point le plus haut (midi solaire) permet de déterminer la longitude du lieu où on se trouve.
Ce prix ne fut remporté que cinquante ans plus tard, par l'horloger de génie John Harrisson. Pourquoi une horloge à balancier est-elle inadaptée sur un navire ?

Corrigé 18

Le temps et sa mesure

EXERCICES

Étalons de durées

18.1 Application résolue p. 109 : Unités

18.2 Mesure du temps

18.3 N°12 p. 116 : Décalage horaire

18.4 N°3 p. 115 : QCM

- Une horloge à eau ;
- 1 kHz ;
- Le pendule pesant et les phases de la Lune ;
- $24 \times 3600 = 86400$ s.

Calculs de périodes et de fréquences

18.5 N°9 p. 115 : Période

Formule littérale utilisée pour tous les exemples :

$$T = \frac{1}{f}$$

avec T période en seconde (s) et f fréquence en hertz (Hz).

- $T = 1/440 = 2,27 \times 10^{-3}$ s = 2,27 ms.
- $f = \frac{80}{60} = 1,3$ Hz ; et par suite $T = 1/1,3 = 0,77$ s.
- $T = 1/600 \times 10^6 = 1,67 \times 10^{-9}$ s = 1,67 ns.
- $T = 1/2^{15} = 3,1 \times 10^{-5}$ s = 31 μ s.

18.6 N°10 p. 116 : Fréquence

18.7 N°16 p. 116 : Chute d'une bille

18.8 Pouls

Trouvons le nombre de battements par seconde, donc, par définition, la fréquence f , sachant qu'une minute compte soixante secondes :

$$f = \frac{70}{60} = 1,2 \text{ Hz}$$

La période T est donnée par la formule littérale :

$$T = \frac{1}{f}$$

Application numérique :

$$T = \frac{1}{1,2} = 0,83 \text{ s}$$

Pendules & horloges

18.9 Exercice résolu p. 114 : pendule pesant

18.10 Période d'oscillation d'un pendule

18.11 Pendule de Foucault

18.12 Pendule et méridien

- Oui, il faut un système d'entretien, afin de contrecarrer les effets d'amortissement dûs aux frottements.
 - Non, la masse n'a pas d'influence, le pendule oscillant à sa période propre, qui ne dépend que de sa longueur ℓ et de l'intensité de la pesanteur g .
 - Il faut jouer sur la longueur ℓ du pendule.
- Une horloge à balancier est inadaptée sur un navire, en raison du roulis et du tangage, qui pourrait perturber son fonctionnement.

★ ★
★