# Applications directes

## Caractériser les oscillations d'un pendule simple

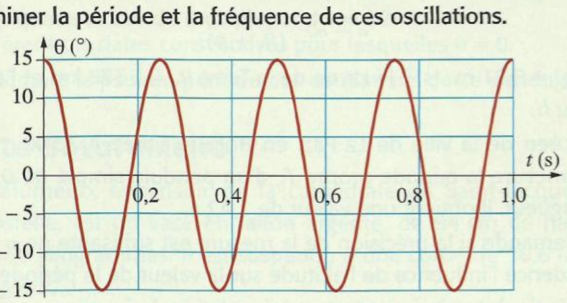
(§ 1 du cours)

### 1. Connaître le pendule simple

1. a. Définir un pendule simple.
b. Quelle est sa position d'équilibre?
c. Caractériser son mouvement lorsque, après avoir été écarté de sa position d'équilibre, il est abandonné sans vitesse initiale.
2. Représenter sur un schéma :
a. l'élongation angulaire et l'amplitude des oscillations;
b. une oscillation.

### 2. Déterminer une période

1. Définir la période et la fréquence des oscillations d'un pendule simple.
2. Lors des oscillations d'un pendule simple, on a obtenu le graphique ci-dessous représentant l'élongation en fonction du temps. Déterminer la période et la fréquence de ces oscillations.




## Connaître les lois du pendule simple

(§ 2 du cours)

### 3. Choisir les réponses exactes

1. Pour des oscillations de faible amplitude, la période du pendule :
a. est proportionnelle à l'amplitude des oscillations;
b. est indépendante de l'amplitude des oscillations.
2. La période d'un pendule dépend :
a. de la longueur du pendule;
b. de la masse du pendule;
c. du lieu de l'expérience.
3. L'expression de la période propre d'un pendule simple de longueur $\ell$ est :

a. $T_0 = \pi \cdot \dfrac{\ell}{g}$ ; b. $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$ ;

c. $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\dfrac{g}{\ell}}$ ; d. $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\ell} \cdot g$.

### 4. Calculer la période propre d'un pendule simple

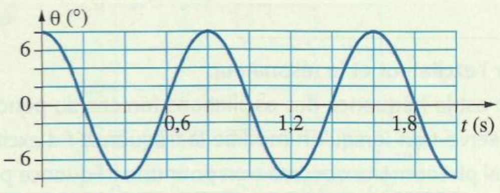
On dispose d'un pendule simple de masse $m = 100$ g et de longueur $\ell = 0{,}500$ m. On écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle θ, puis on le lâche sans vitesse initiale.

1. À quelle condition la période $T$ des oscillations d'un pendule simple est-elle indépendante de l'amplitude du mouvement?
2. a. Quelle est l'expression littérale de la période propre des oscillations de ce pendule?
b. Vérifier l'homogénéité de cette expression.
c. Calculer sa valeur sachant que l'intensité de la pesanteur est $g = 9{,}81$ m . s$^{-2}$.

### 5. Mesurer la période d'un pendule simple

On a réalisé l'enregistrement, au cours du temps, de l'élongation d'un pendule simple (voir le schéma ci-dessous).

1. Déterminer la valeur de la période propre.
2. Rappeler la loi d'isochronisme des petites oscillations. S'applique-t-elle dans le cas présent?
3. Déterminer l'accélération de la pesanteur sachant que la longueur du pendule simple est égale à 0,16 m.



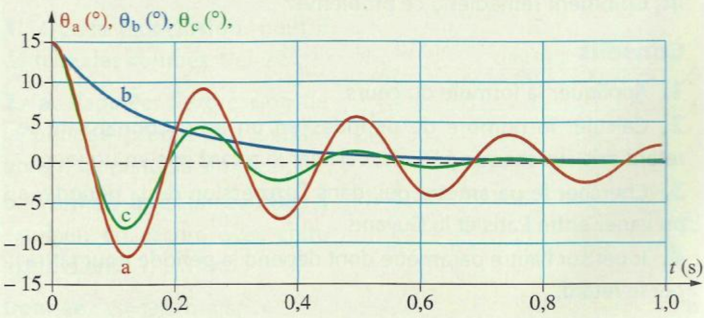

## Étudier les oscillations libres amorties

(§ 3 du cours)

### 6. Repérer les régimes d'un pendule simple

On enregistre l'évolution de l'élongation angulaire d'un même pendule simple, en fonction du temps, au cours de trois expériences différentes (voir le schéma ci-dessous).

1. Quel est le phénomène mis en évidence dans ces trois cas?
2. Quelles modifications a-t-on apportées au dispositif pour passer d'une expérience à l'autre?
3. Associer chacune des représentations graphiques ci-dessous à un des régimes d'oscillations.
4. Classer les enregistrements par ordre croissant de l'amortissement.

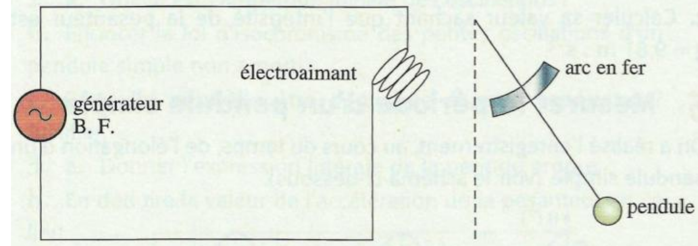



## Étudier les oscillations forcées et la résonance mécanique

(§ 4 du cours)

### 7. Réaliser des oscillations forcées

Pour obtenir des oscillations forcées, on réalise le montage suivant; il comprend un générateur basse fréquence, un électroaimant et un pendule de période $T_0$ sur lequel est fixé un arc en fer. La bobine, parcourue par un courant périodique, exerce sur l'aimant une action magnétique périodique de fréquence $f$.




1. Définir l'excitateur et le résonateur.
2. Quelle est la fréquence des oscillations forcées du pendule?
3. Qu'observe-t-on lorsqu'on modifie la fréquence $f$ d'excitation?
4. a. Quel phénomène observe-t-on pour une fréquence particulière $f = f_0$?
b. Quand le pendule est peu amorti, quelle est la fréquence caractéristique de ce phénomène?
c. Comment le phénomène se manifeste-t-il?

# Utilisation des acquis

### 9. Mesurer g avec un pendule

Lors d'une séance de travaux pratiques, un élève mesure la période $T_0$ d'un pendule pour différentes longueurs $\ell$ du fil.

| $\ell$ (m) | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
|---|---|---|---|---|---|
| $T_0$ (s) | 0,90 | 1,27 | 1,55 | 1,79 | 2,0 |

**1.** Quelle est l'expression de la période propre du pendule simple en fonction de la longueur $\ell$ du fil et de l'accélération de la pesanteur g ?

**2.** L'élève se propose de tracer la représentation graphique permettant de retrouver la relation liant $T$ et $\ell$. Parmi les propositions ci-dessous, quelle(s) représentation(s) est-il judicieux de tracer ? SOS

**a.** $T_0$ en fonction de $\ell$ ;

**b.** $T_0$ en fonction de $\sqrt{\ell}$ ;

**c.** $T_0^2$ en fonction de $\ell$.

**3. a.** Tracer une des représentations graphiques convenables.

**b.** En déduire la valeur de l'accélération de la pesanteur.

## 10. Partons en Bolivie

L'intensité g du champ de pesanteur, en fonction de l'altitude, est donnée par la relation suivante :

$$g = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2},$$

avec $g_0 = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, le rayon de la Terre $R_T = 6\,378$ km et l'altitude du lieu $h$.

Un lycéen de la ville de La Paz, en Bolivie, située à 3 500 m d'altitude, mesure la période propre $T_0$ d'un pendule simple de 0,500 m de longueur. Il obtient une valeur de 1,42 s.

Il se demande si la précision de la mesure est suffisante pour mettre en évidence l'influence de l'altitude sur la valeur de la période.

**1.** Calculer la période $T_0$ du pendule à l'altitude $h = 0$.

**2.** Calculer la période $T_0$ du pendule à La Paz.

**3.** Comparer les deux périodes et conclure.

## 11. Du pendule au satellite

Montrer que la période de révolution d'un satellite d'altitude $h$, très inférieure au rayon $R_T$ de la Terre, est égale à la période d'un pendule simple qui aurait pour longueur $R_T$.

## 12. Mesurer la masse de la Terre avec une ficelle

Écrire un protocole expérimental qui permettrait de déterminer la masse de la Terre si l'on dispose d'une ficelle, d'un chronomètre et d'un mètre.

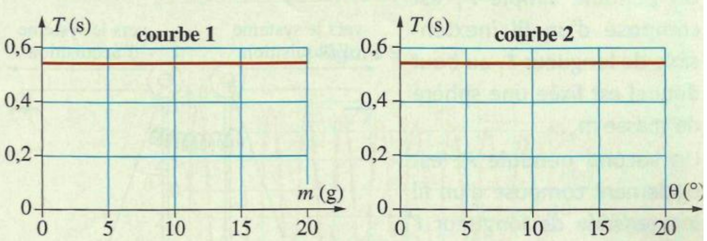
**Données :**

$R_T = 6\,380$ km ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ; $g_0 = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$.

## 16. Utiliser des représentations graphiques

Lors d'un TP, un élève doit vérifier la loi donnant la période propre d'un pendule simple. Pour cela, il réalise une série d'expériences.

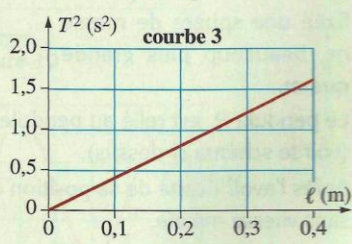
Il obtient les graphiques ci-dessous en faisant varier successivement la masse $m$ du pendule, puis l'amplitude $\theta$ des oscillations et, enfin, la longueur $\ell$ du pendule.




**1.** Quelle conclusion peut-il déduire des courbes 1 et 2 ?

**2. a.** Rappeler l'expression de la période propre des oscillations d'un pendule simple.

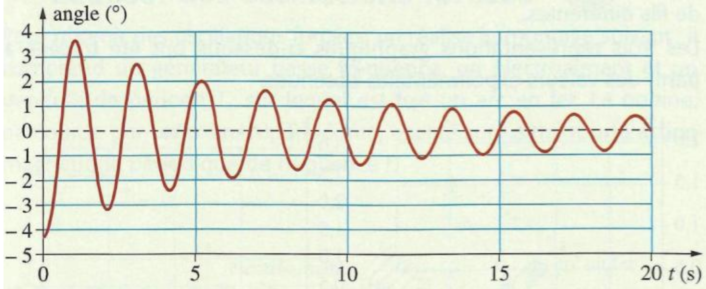
**b.** Vérifier que la courbe 3 est bien en accord avec cette expression.




**Donnée :** $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

## 17. Un pendule pour une pendule

On a représenté ci-dessous les variations de l'amplitude d'un pendule en fonction du temps.




**1.** Qualifier le mouvement de ce pendule ? Nommer le régime.

**2.** Quelle est la cause de la diminution d'amplitude ?

**3.** Quelle est la valeur de la pseudo-période ?

**4.** On admet que la pseudo-période est pratiquement égale à la période propre. Quelle est la longueur de ce pendule ?

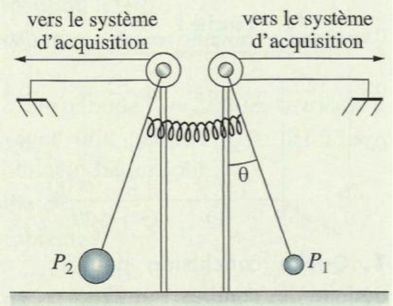
**5.** Pourquoi dit-on que ce pendule bat la seconde ?

**Donnée :** accélération de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

## 19. Les oscillations forcées d'un pendule

Un pendule simple $P_1$ est composé d'un fil inextensible de longueur $\ell_1$ au bout duquel est fixée une sphère de masse $m_1$.

Un second pendule $P_2$ est également composé d'un fil inextensible de longueur $\ell$ variable au bout duquel est fixée une sphère de masse $m_2$ beaucoup plus grande que $m_1$.




Le pendule $P_1$ est relié au pendule $P_2$ par l'intermédiaire d'un ressort (voir le schéma ci-dessus).

Après l'avoir écarté de sa position d'équilibre, le pendule $P_2$ est lâché sans vitesse initiale.

Un dispositif informatique permet d'acquérir l'amplitude $\theta_m$ du pendule $P_1$ en fonction de la fréquence $f_2$ des oscillations du pendule $P_2$. On effectue plusieurs mesures en modifiant la longueur du pendule $P_2$.

| $f_2$ (Hz) | 0,70 | 0,74 | 0,79 | 0,84 | 0,91 | 1,00 | 1,11 | 1,29 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\theta_m$ (°) | 13 | 14 | 16 | 20 | 30 | 20 | 15 | 14 |

**1.** Quel est l'excitateur ? Quel est le résonateur ?

**2.** Quelle est la fréquence des oscillations du pendule $P_1$ ?

**3.** Tracer la représentation graphique de l'amplitude $\theta_m$ en fonction de la fréquence d'oscillations.

**4.** Quel phénomène se manifeste pour une certaine fréquence d'oscillations ?

**5.** Déterminer la valeur de cette fréquence.

**6.** Quelle est la longueur du pendule $P_1$ ?

**7.** On rajoute un dispositif d'amortissement sur le pendule $P_1$. Quel changement s'opère sur le phénomène observé ?

**Donnée :** $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

## 20. Pendule de Foucault

Le pendule de Foucault fut installé à Paris au Panthéon en 1851. Il est constitué par une sphère, de masse $m = 28$ kg suspendue à un câble de longueur $L = 67{,}00$ m.

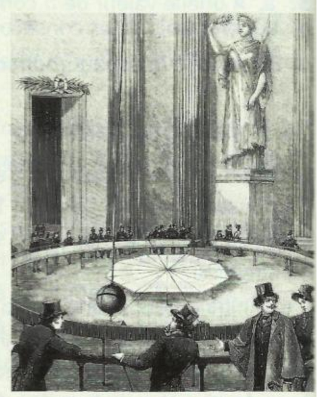
**1.** Calculer le diamètre de la sphère. Comparer cette valeur à la longueur $L$ du câble de suspension. Conclure.

**2.** Calculer la période propre du pendule simple :

**a.** sans tenir compte du rayon de la sphère ;

**b.** en tenant compte du rayon de la sphère.

**c.** Les écarts des valeurs obtenues peuvent-ils être mesurés expérimentalement ?



*L'expérience du pendule de Léon Foucault, présentée au Panthéon de Paris, en 1851.*

**Données :** masse volumique du cuivre : $\rho_{cuivre} = 8{,}93 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ; accélération de la pesanteur : $g = 9{,}805\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.