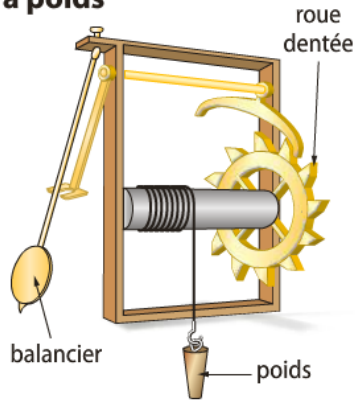


## Exercices

### 4 L'horloge mécanique à poids

C'est en observant le balancement d'un lustre dans la cathédrale de Pise que Galilée formule au XVI<sup>e</sup> siècle la loi d'isochronisme d'un pendule : la durée d'une oscillation ne dépend que de sa longueur et non pas de l'amplitude du mouvement. Un balancier peut ainsi réguler la mesure du temps.



Pour maintenir les oscillations, qui ont tendance à s'amortir, une source d'énergie est nécessaire : une horloge mécanique à poids utilise l'énergie potentielle d'un « poids » qui entraîne une roue dentée.

1. Quelle propriété d'un pendule est utilisée dans une horloge mécanique à poids ?
2. Quel est le rôle du poids ?
3. Quelle peut être la limite d'un tel système ?

### 5 La définition de la seconde

La définition actuelle de la seconde, établie en 1967 lors de la 13<sup>e</sup> Conférence générale des poids et mesures, s'énonce ainsi : « La seconde est définie comme étant la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium. »

1. Sur quel type d'horloge se fonde cette définition ?
2. À quoi correspond le nombre de périodes donné dans cette définition ?
3. En quoi cette définition de la seconde est-elle précise et stable ?

### 8 VRAI ou FAUX ?

Corriger, si nécessaire, les affirmations suivantes.

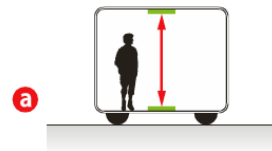
- 1 La vitesse de la lumière dépend du mouvement de l'observateur.
- 2 Le temps est absolu.
- 3 La durée qui sépare deux événements dépend de l'observateur.
- 4 La dilatation du temps est une théorie qui n'a jamais pu être observée expérimentalement.

### 14 « Le train d'Einstein »

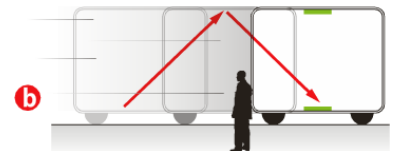
Un télémètre, qui utilise la lumière laser pour effectuer des mesures de hauteur sol-plafond, est utilisé dans un train se déplaçant à une vitesse constante  $v$  sur des rails rectilignes.

Du fait du déplacement du train, la scène perçue par une personne présente sur le quai **b** peut être bien différente de celle observée par un passager l'intérieur du train **a**.

à l'intérieur du train



sur le quai



1. Pour quelle personne la durée de la mesure au télémètre est-elle plus longue ? Pourquoi ?
2. Pour quel personnage la durée de la mesure est-elle : **a.** la « durée propre » ? **b.** la « durée mesurée » ?
3. De quoi dépend la relation entre ces deux durées ?

### 17 Effet dans un TGV

Un TGV met 2 h pour relier Paris à Lyon, à une vitesse moyenne de  $260 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

On considère que le mouvement du TGV est rectiligne uniforme entre les deux gares.

1. Quel est le décalage de temps entre une horloge embarquée et une horloge restée à quai ?
2. Commenter le résultat obtenu.

### 21 Tirs laser en science-fiction

Dans un film de science-fiction, un vaisseau spatial émet des tirs laser toutes les  $0,5 \text{ s}$ . Ce vaisseau se déplace à une vitesse de  $0,5 c$ .

1. Quelle est la vitesse de la lumière par rapport au vaisseau spatial ?
2. Quelle est la durée propre entre deux tirs ?
3. Quelle est la durée mesurée entre ces deux tirs pour un observateur extérieur ?

## 25 Des signaux vers la Terre

Dans un film de science-fiction, un astronaute situé à bord d'une fusée qui se déplace de façon rectiligne à une vitesse constante de  $250\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ , envoie vers la Terre des signaux lumineux toutes les secondes.

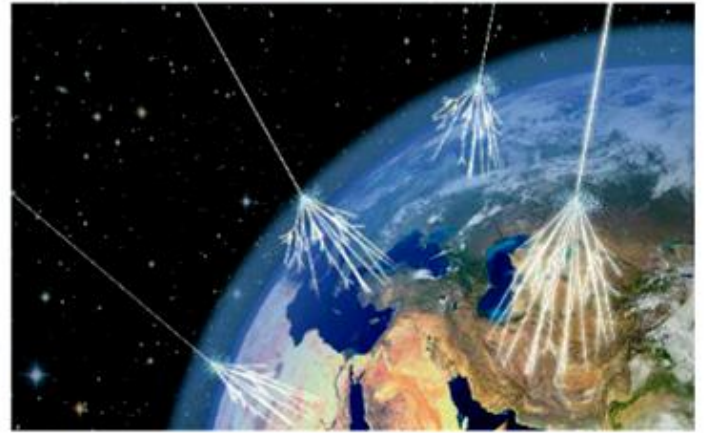
Ces signaux sont détectés sur Terre, mais avec un intervalle de temps différent.

- a.** À quoi correspond ici la durée propre  $\Delta t_p$  ?  
**b.** À quoi correspond ici la durée mesurée  $\Delta t_m$  ?
- a.** La relation entre durée mesurée et durée propre est-elle applicable dans ce cas ?

**b.** Déterminer l'intervalle de temps avec lequel sont perçus les signaux détectés sur Terre.

## 26 ★ L'énigme des muons

Les muons sont des particules créées dans la haute atmosphère terrestre à 20 km de hauteur, lors de la collision de protons (provenant du rayonnement cosmique issu de la mort d'une étoile) avec les atomes de l'atmosphère.



Les muons sont très instables et leur durée de vie propre n'est que de  $2,2 \mu\text{s}$ . Ils se déplacent à une vitesse de  $0,9997 c$ , proche donc de celle la lumière.

**1.** En raisonnant en physique classique, c'est-à-dire sans tenir compte de la relativité, montrer que la distance parcourue par les muons ne devrait être que de quelques centaines de mètres.

Pourtant, ces muons peuvent être détectés au niveau du sol.

**2.** En raisonnant en physique relativiste :

- déterminer la valeur du coefficient de Lorentz ;
- en déduire la durée de vie d'un muon mesurée par un observateur terrestre ;
- justifier que les muons atteignent effectivement le sol.