La mesure du temps

Bac S 2013 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 1 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 À l'aide du document 3.b, choisir, en justifiant, la formule qui donne la période T d'un pendule en fonction de la longueur ℓ de la tige (C est une constante).

Données utiles document 3.b : la droite passe par l'origine et par le point $\ell = 1{,}0$ m ; $T^2 = 4{,}0$ s^2

Sur le document 3.b, le graphe de T^2 en fonction de ℓ est une droite qui passe par l'origine : T^2 est proportionnel à ℓ.

On peut donc écrire $T^2 = k\,\ell$, avec k constante positive. Comme $T > 0$:

$$T = \sqrt{k\,\ell} = \sqrt{k}\,\sqrt{\ell}$$

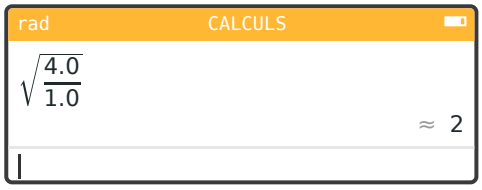
En posant $C = \sqrt{k}$, on obtient :

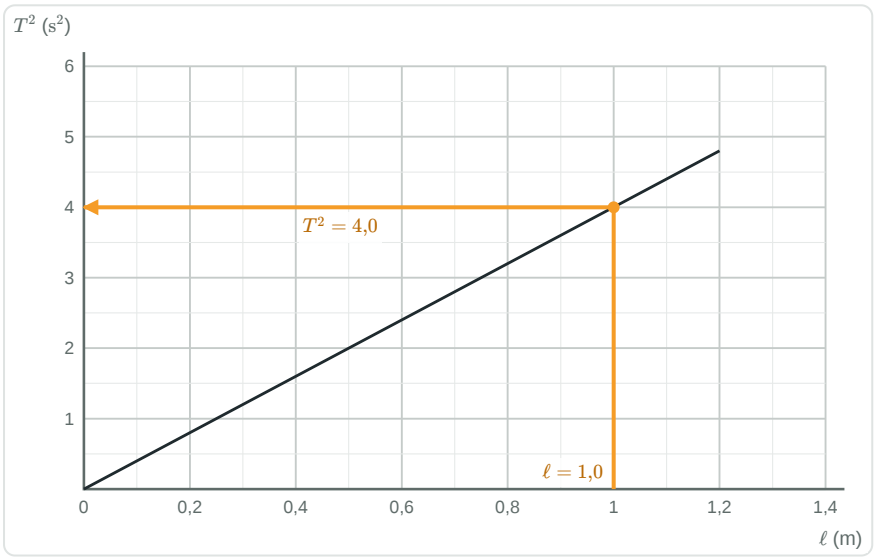
$T = C\sqrt{\ell}$: c'est la formule **(c)**.

PIÈGE
Choisir (a) parce que le graphe est une droite. L'ordonnée est T^2, pas T : c'est le carré de la période qui est proportionnel à ℓ.

COMPRENDRE
Le point lu donne $k = 4{,}0$ s$^2 \cdot$ m^{-1}, donc $C = 2{,}0$ s $\cdot$ m$^{-1/2}$. C'est cohérent avec la formule du pendule simple $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$, où $C = 2\pi/\sqrt{g}$.

À LA CALCULATRICE





1 · Document 3.b : droite passant par l'origine et lecture du point $(1{,}0\ ;\ 4{,}0)$

2 Si la température augmente, comment varie la période d'oscillation du pendule ?

D'après le document 3.d, quand la température augmente, le balancier se dilate : la longueur ℓ de la tige augmente.

Or $T = C\sqrt{\ell}$ (question 1) et la fonction racine carrée est croissante.

Si la température augmente, la période T du pendule **augmente**.

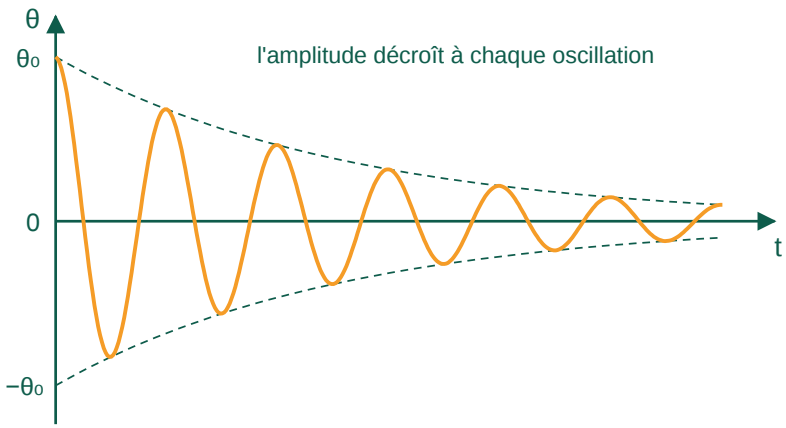
COMPRENDRE
Une période plus longue signifie moins d'oscillations par jour : en été, l'horloge à balancier retarde. Les horlogers ont donc cherché des tiges qui se dilatent très peu.

3 Représenter l'allure de l'angle θ en fonction du temps lorsque les frottements ne sont pas négligeables. Quel dispositif compense l'amortissement des oscillations dans une horloge mécanique ?

Les frottements font perdre de l'énergie mécanique au balancier à chaque oscillation. L'amplitude de θ diminue donc peu à peu : les oscillations sont **amorties** (voir le graphe), jusqu'à l'arrêt à la position d'équilibre $\theta = 0$.

D'après le document 3.c, l'amortissement est compensé par une masse (le « poids ») associée à un système d'engrenages. En descendant, le poids cède de l'énergie ; l'échappement à ancre bloque sa chute et transmet au balancier, à chaque oscillation, juste l'énergie perdue.

Oscillations d'amplitude décroissante ; compensation par le **poids** et les engrenages, avec l'**échappement à ancre**.



3 · Allure de $\theta(t)$ avec frottements : oscillations amorties (en orange), pendule lâché de l'angle θ_0

PIÈGE
Dessiner des oscillations qui se resserrent. Seule l'amplitude diminue : les passages par $\theta = 0$ restent régulièrement espacés, la durée d'une oscillation ne change pratiquement pas.

COMPRENDRE
L'énergie perdue est dissipée sous forme de chaleur dans le milieu extérieur. L'énergie apportée au balancier vient de l'énergie potentielle de pesanteur du poids, qu'il faut donc remonter régulièrement.

4 Rédiger une synthèse de 20 lignes maximum expliquant comment, face aux limites des techniques, les hommes se sont adaptés pour concevoir des instruments de mesure du temps de plus en plus précis.

Données utiles documents 1 à 5 : lunaison de 29,5 jours ; quartz à 32 768 Hz, dérive de 1 s en 6 ans ; césium 133 : 9 192 631 770 périodes par seconde, exactitude relative d'environ 10^{-14}

Mesurer le temps, c'est compter un phénomène qui se répète. Les hommes ont choisi des phénomènes périodiques de plus en plus réguliers et de moins en moins sensibles aux conditions extérieures.

Les astres. Les premiers repères sont le Soleil et la Lune : jour, saisons, lunaison de 29,5 jours (document 1). Vers 600 avant J.-C., le cadran solaire divise la journée en douze heures (document 2). Mais il donne une heure locale, exige du soleil, et ses heures changent de durée avec les saisons.

Les oscillateurs mécaniques. Du XIIIe au XXe siècle, on compte les oscillations d'un pendule, dont la période dépend de sa longueur et de la pesanteur (document 3). Contre l'amortissement dû aux frottements, Huygens ajoute un poids et un échappement à ancre. Restent la sensibilité à la température, à g et au tangage, et l'encombrement : les chronomètres de marine puis les montres y répondent par la miniaturisation et le ressort spiral.

Le quartz. En 1930, l'oscillateur devient électrique : un cristal de quartz vibre à 32 768 Hz et un diviseur de fréquence fournit une impulsion par seconde (document 4). La dérive tombe à une seconde en six ans.

L'atome. Depuis les années 1950, la référence est la fréquence de la radiation associée à une transition entre deux niveaux d'énergie du césium 133 (document 5), qui définit la seconde depuis 1967. L'erreur reste inférieure à une seconde en 3 millions d'années.

À chaque étape, un oscillateur plus rapide et plus stable remplace le précédent : astres, pendule, quartz, atome. L'exactitude relative atteint 10^{-14}, ce qui permet le temps atomique international et le GPS.

PIÈGE

Résumer les documents l'un après l'autre sans répondre à la question, ou dépasser 20 lignes. La consigne porte sur l'enchaînement « limite, puis adaptation » : il doit apparaître pour chaque instrument.

COMPRENDRE

$32\,768 = 2^{15}$: quinze divisions par 2 donnent 1 Hz. Une seconde en six ans représente environ 5×10^{-9} en valeur relative ; l'horloge atomique fait près d'un million de fois mieux.

MÉTHODE

Une synthèse suit un fil directeur annoncé dès la première phrase. Ici, pour chaque instrument : son principe, sa limite, puis la réponse apportée par le suivant. Citer une donnée chiffrée par document, sans recopier de phrases.

À LA CALCULATRICE

