Corrigé complet — Bac S 2005 Nouvelle-Calédonie (ancien programme)

Physique-chimie, Bac S (épreuve écrite) **16 points** **3 h 30**

Ex 1	**Deux antiseptiques** Loi de Beer-Lambert et courbe d'étalonnage · Dilution · Oxydoréduction · Tableau d'avancement · Vitesse volumique et temps de demi-réaction · Taux d'avancement final	6,5 pts	1 h 18	17 questions	p. 2
Ex 2	**Propagation des ondes** Célérité d'une onde · Onde mécanique transversale · Longueur d'onde et période · Onde progressive sinusoïdale · Lumière et indice de réfraction · Diffraction par une fente	4 pts	52 min	10 questions	p. 8
Ex 3	**Datation des séismes en Californie** Isotopes · Désintégration β^- et lois de conservation · Énergie de liaison · Loi de décroissance radioactive · Demi-vie et activité · Datation au carbone 14	5,5 pts	1 h 05	15 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Etude d'une corde de piano** Ondes stationnaires sur une corde · Mode fondamental et harmoniques · Célérité d'une onde · Hauteur et timbre d'un son · Spectre en fréquences · Période et fréquence	4 pts	52 min	10 questions	p. 16

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Deux antiseptiques

Bac S 2005 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Justifier, à partir de la courbe d'étalonnage, que l'absorbance et la concentration en diiode sont liées par une relation de la forme $A = k[\mathrm{I_2}]$.

Sur la figure 1, les points sont alignés sur une droite qui passe par l'origine du repère : A et $[\mathrm{I_2}]$ sont proportionnelles.

$A = k\,[\mathrm{I_2}]$, où k est le coefficient directeur de la droite.

PIÈGE
Écrire seulement « c'est une droite ». Il faut les deux arguments : droite et passage par l'origine. Une droite qui ne passe pas par l'origine traduit une fonction affine, pas une proportionnalité.

COMPRENDRE
Cette proportionnalité est la loi de Beer-Lambert, valable pour des solutions peu concentrées, à longueur d'onde fixée.

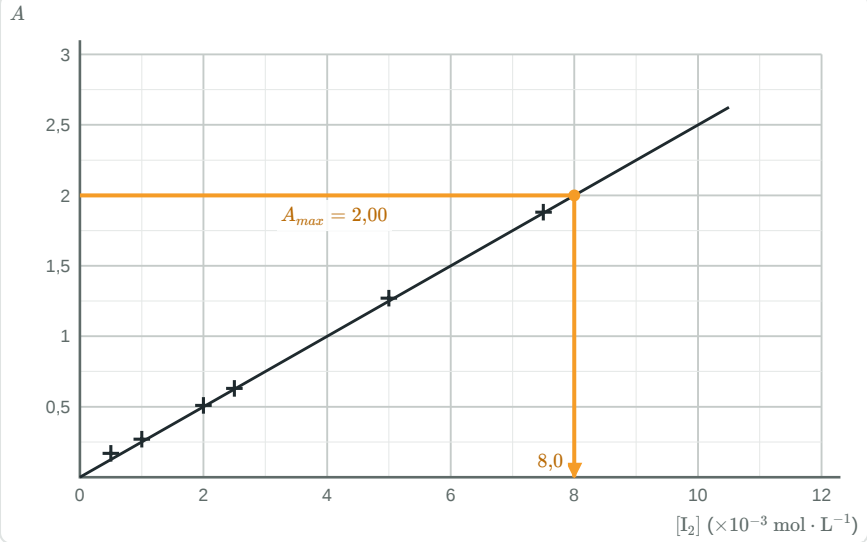
1.2 Déterminer graphiquement $[\mathrm{I_2}]_{max}$, concentration au-delà de laquelle l'absorbance n'est plus mesurable par le spectrophotomètre.

Données utiles $A_{max} = 2{,}00$

L'appareil mesure les absorbances jusqu'à $A_{max} = 2{,}00$. Sur la figure 1, on trace l'horizontale d'ordonnée $2{,}00$ jusqu'à la droite d'étalonnage, puis on descend verticalement jusqu'à l'axe des abscisses.

$[\mathrm{I_2}]_{max} = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

COMPRENDRE
Une lecture graphique se donne ici avec deux chiffres significatifs : la graduation de l'axe ne permet pas mieux.



1.2 · Figure 1 de l'annexe : lecture de $[\mathrm{I_2}]_{max}$

2.1 Choisir, sans justification, le matériel nécessaire pour préparer la solution S_0' (Lugol dilué dix fois).

Une pipette jaugée de 10,0 mL (prélèvement de S_0), une fiole jaugée de 100,0 mL et un becher de 50 mL pour y verser un peu de solution S_0 avant de pipeter.

PIÈGE
Choisir une éprouvette graduée : elle n'est pas assez précise. Une dilution se fait toujours avec de la verrerie jaugée.

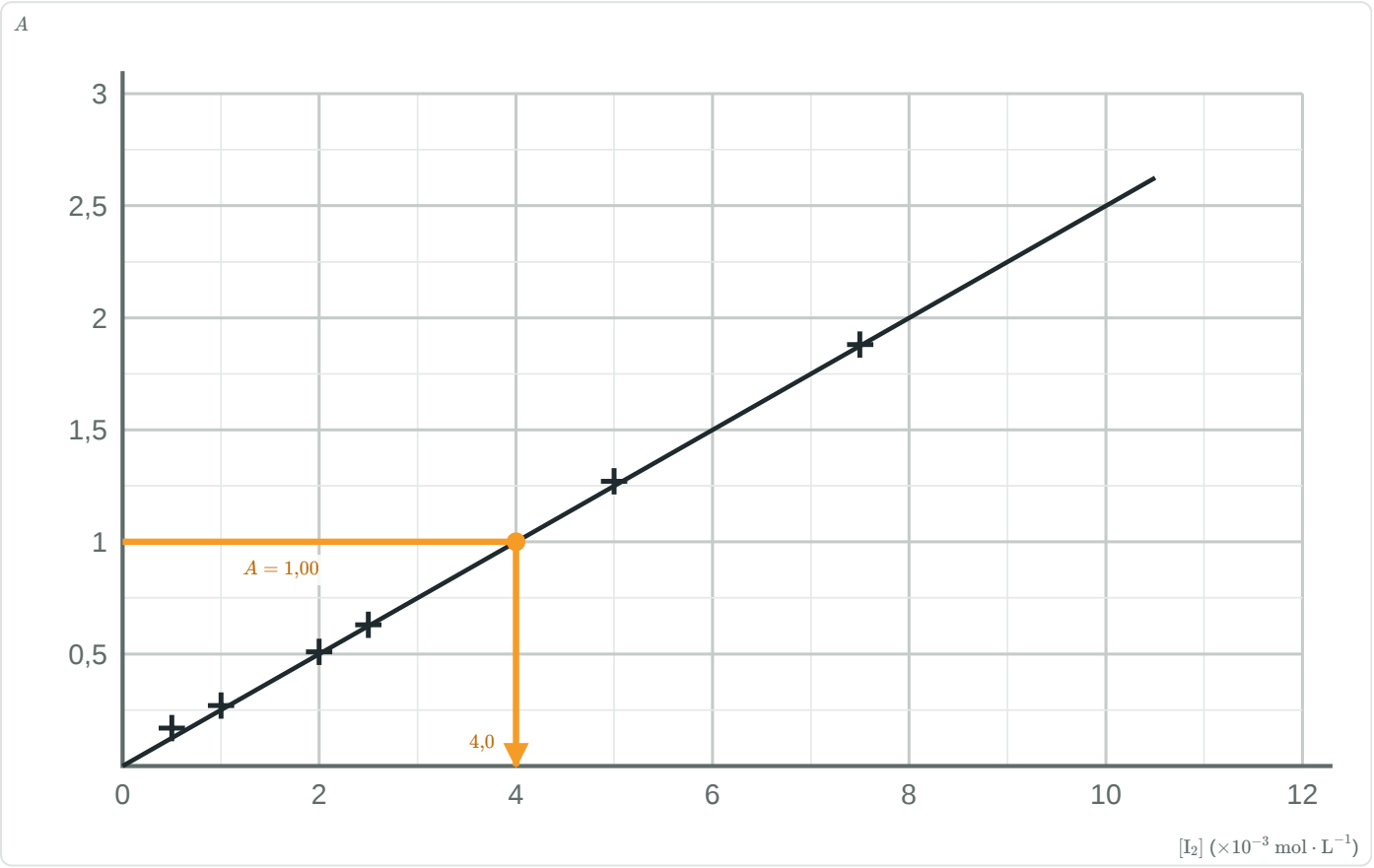
MÉTHODE
Diluer dix fois, c'est choisir une fiole dix fois plus grande que la pipette : $F = \dfrac{V_{fiole}}{V_{pipette}} = \dfrac{100{,}0}{10{,}0} = 10$. Avec ce matériel, aucun autre couple pipette-fiole ne donne 10.

2.2.1 Déterminer graphiquement la concentration molaire apportée en diiode de la solution S'_0, d'absorbance $1{,}00$.

Données utiles $A_{S'_0} = 1{,}00$

Sur la figure 1, on trace l'horizontale d'ordonnée $1{,}00$ jusqu'à la droite d'étalonnage et on lit l'abscisse du point d'intersection.

$[\mathrm{I_2}]_{S'_0} = 4{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$



2.2.1 · Figure 1 de l'annexe : lecture pour la solution S'_0

2.2.2 En déduire la concentration molaire apportée c_L en diiode du Lugol (solution commerciale S_0).

Données utiles $[\mathrm{I_2}]_{S'_0} = 4{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (2.2.1) ; dilution au dixième

La solution S_0 est dix fois plus concentrée que S'_0 :

$c_L = 10 \times [\mathrm{I_2}]_{S'_0} = 10 \times 4{,}0 \times 10^{-3}$

$c_L = 4{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

2.2.3 Pourquoi a-t-il été nécessaire de diluer le Lugol ?

Données utiles $c_L = 4{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (2.2.2) ; $[\mathrm{I_2}]_{max} = 8{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (1.2)

$c_L > [\mathrm{I_2}]_{max}$: l'absorbance du Lugol non dilué dépasserait $A_{max} = 2{,}00$ (elle vaudrait environ 10).

Sans dilution, l'absorbance de S_0 est hors de la gamme de mesure du spectrophotomètre.

3.1 Définir un oxydant.

Un oxydant est une espèce chimique capable de gagner un ou plusieurs électrons.

MÉTHODE
Moyen mnémotechnique : dans la demi-équation, l'oxydant est du même côté que les électrons : $\mathrm{Ox} + n\,e^- = \mathrm{Red}$.

3.2 Écrire les couples oxydant/réducteur mis en jeu dans la réaction étudiée et les demi-équations électroniques correspondantes.

Couple $H_2O_2\,(aq)/H_2O\,(l)$: $H_2O_2\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^- = 2\,H_2O\,(l)$

Couple $I_2\,(aq)/I^-\,(aq)$: $I_2\,(aq) + 2\,e^- = 2\,I^-\,(aq)$

H_2O_2 (oxydant) est réduit en H_2O ; I^- (réducteur) est oxydé en I_2.

PIÈGE
Un couple s'écrit toujours dans l'ordre oxydant/réducteur : I_2/I^- et non I^-/I_2, même si I^- est ici le réactif.

COMPRENDRE
Avec les ions oxonium de l'équation du sujet, la première demi-équation s'écrit $H_2O_2 + 2\,H_3O^+ + 2\,e^- = 4\,H_2O$: chaque H^+ est porté par une molécule d'eau. Les deux écritures sont acceptées.

3.3 Compléter littéralement, avec les notations de l'énoncé, le tableau descriptif de l'évolution du système (figure 3 de l'annexe).

Quantité initiale d'eau oxygénée : $n_0(H_2O_2) = c_2V_2$; il n'y a pas de diiode au départ.

Pour un avancement x, il disparaît x mol de H_2O_2 et il se forme x mol de I_2 (nombres stœchiométriques égaux à 1).

H_2O_2 est le réactif limitant : $x_{max} = c_2V_2$ (tableau complété ci-dessous).

PIÈGE
Écrire c_1V_2 : c'est la solution diluée S_2, de concentration c_2, qui est versée dans le becher.

équation		H_2O_2(aq)	+ 2 I^-(aq)	+ 2 H_3O^+(aq)	= I_2(aq)	+ 4 H_2O(l)
état initial	0	c_2V_2	excès	excès	0	solvant
en cours	x	$c_2V_2 - x$	excès	excès	x	solvant
état final	x_f	$c_2V_2 - x_f$	excès	excès	x_f	solvant
final si totale	x_{max}	$c_2V_2 - x_{max} = 0$	excès	excès	$x_{max} = c_2V_2$	solvant

3.3 · Figure 3 de l'annexe complétée (quantités en mol ; en orange, les cases à remplir)

3.4 À l'aide du tableau, établir l'expression de l'avancement $x(t)$ en fonction de $[I_2](t)$ et du volume V_{tot} du mélange.

D'après le tableau, $n(I_2)(t) = x(t)$. Or $[I_2](t) = \dfrac{n(I_2)(t)}{V_{tot}} = \dfrac{x(t)}{V_{tot}}$.

$x(t) = [I_2](t) \times V_{tot}$

3.5 Montrer que la vitesse volumique de réaction s'écrit $v(t) = \frac{1}{k}\frac{\mathrm{d}A(t)}{\mathrm{d}t}$.

Données utiles $v(t) = \frac{1}{V_{tot}}\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t}$; $A = k\,[\mathrm{I}_2]$; $x(t) = [\mathrm{I}_2](t) \times V_{tot}$ (3.4)

$A = k\,[\mathrm{I}_2]$ donne $[\mathrm{I}_2](t) = \frac{A(t)}{k}$, donc $x(t) = \frac{A(t)}{k}V_{tot}$.

V_{tot} et k sont des constantes, elles sortent de la dérivée :

$$v(t) = \frac{1}{V_{tot}}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{A(t)\,V_{tot}}{k}\right) = \frac{1}{V_{tot}} \times \frac{V_{tot}}{k}\frac{\mathrm{d}A(t)}{\mathrm{d}t}$$

$v(t) = \frac{1}{k}\frac{\mathrm{d}A(t)}{\mathrm{d}t}$: c'est la relation attendue.

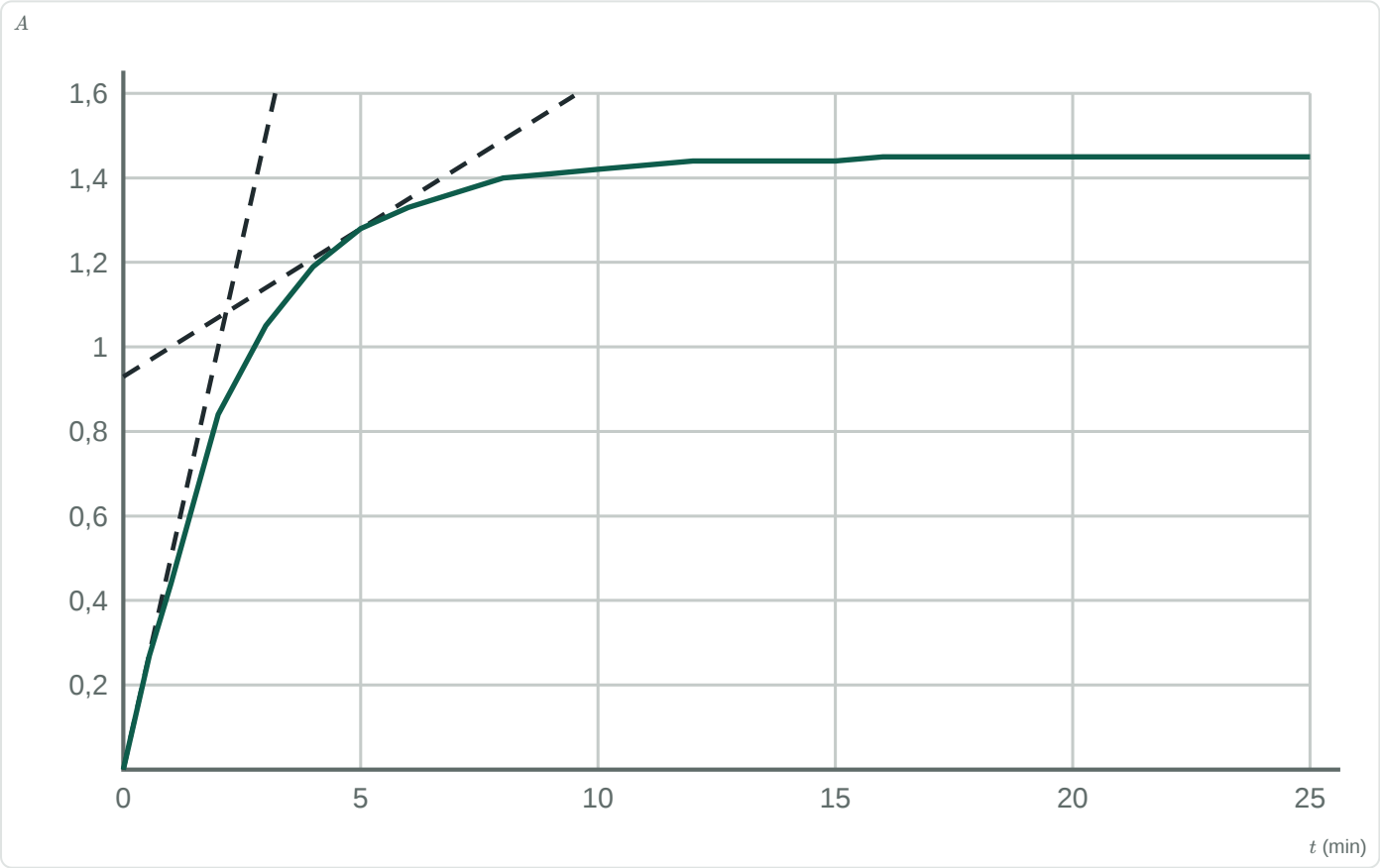
COMPRENDRE
Dans le programme actuel, on parle de vitesse volumique d'apparition du diiode, $v = \frac{\mathrm{d}[\mathrm{I}_2]}{\mathrm{d}t}$.
C'est la même grandeur ici, car $[\mathrm{I}_2] = x/V_{tot}$.

3.6.1 Choisir, en justifiant graphiquement à partir de la figure 2, la relation qui convient entre v_0 (à $t_0 = 0$) et v_1 (à $t_1 = 5{,}0$ min) : $v_0 > v_1$, $v_0 < v_1$ ou $v_0 = v_1$.

D'après 3.5, $v(t)$ est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}A}{\mathrm{d}t}$, coefficient directeur de la tangente à la courbe $A = f(t)$ à la date t.

On trace les tangentes en t_0 et en t_1 : celle en t_0 est beaucoup plus inclinée que celle en t_1.

$v_0 > v_1$



3.6.1 · Figure 2 de l'annexe : tangentes à la courbe en $t_0 = 0$ et en $t_1 = 5{,}0$ min

3.6.2 En faisant appel aux connaissances de cours, dire pourquoi $v(t)$ subit cette évolution.

La concentration des réactifs est un facteur cinétique : plus elle est faible, plus la transformation est lente. Or l'eau oxygénée est consommée au cours du temps.

La concentration en H_2O_2 diminue, donc la vitesse volumique diminue.

PIÈGE
Invoquer la température ou un catalyseur : ils ne varient pas pendant l'expérience. Seule la concentration du réactif change.

3.7.1 À partir des résultats expérimentaux de la figure 2, déterminer la valeur de l'avancement final x_f.

Données utiles $k = 246\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$; $V_{tot} = 15{,}0$ mL ; $x(t) = [I_2](t) \times V_{tot}$ (3.4)

La courbe atteint un palier : on lit l'absorbance finale $A_f \approx 1{,}45$.

$$x_f = [I_2]_f \times V_{tot} = \frac{A_f}{k} V_{tot}$$

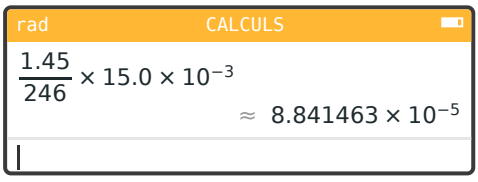
$$x_f = \frac{1{,}45}{246} \times 15{,}0 \times 10^{-3}$$

$$x_f = 8{,}8 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

PIÈGE
Laisser V_{tot} en mL : k est en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$, le volume doit être en litre.

COMPRENDRE
Le palier se lit entre 1,45 et 1,46 : la lecture limite le résultat à deux chiffres significatifs (de $8{,}8$ à $8{,}9 \times 10^{-5}$ mol).

À LA CALCULATRICE



3.7.2 Déterminer la valeur du taux d'avancement final τ de la transformation. Conclure.

Données utiles $c_1 = 0{,}89\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_2 = c_1/10$; $V_2 = 1{,}0$ mL ; $x_f = 8{,}8 \times 10^{-5}$ mol (3.7.1) ; $x_{max} = c_2 V_2$ (3.3)

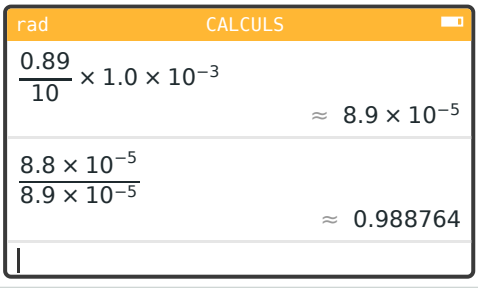
$$x_{max} = c_2 V_2 = \frac{c_1}{10} V_2 = \frac{0{,}89}{10} \times 1{,}0 \times 10^{-3} = 8{,}9 \times 10^{-5}\ \text{mol}$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{8{,}8 \times 10^{-5}}{8{,}9 \times 10^{-5}} = 0{,}99$$

$\tau \approx 1$ (aux incertitudes de lecture près) : la transformation est totale.

PIÈGE
Oublier la dilution au dixième et prendre c_1 à la place de c_2 : on trouverait $\tau \approx 0{,}1$ et une conclusion fausse.

À LA CALCULATRICE



3.8 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$, puis déterminer graphiquement sa valeur sur la figure 2.

Données utiles $A_f \approx 1{,}45$ (3.7.1)

Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

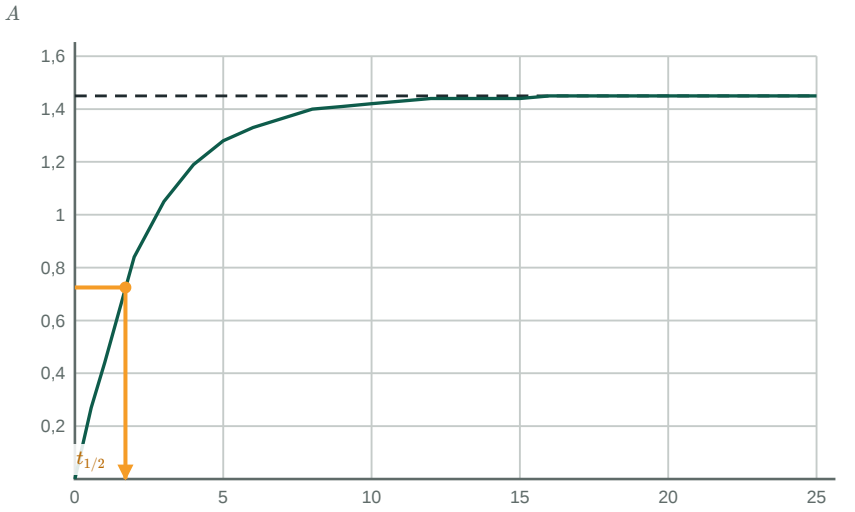
Comme $x = \dfrac{A}{k} V_{tot}$ est proportionnel à A : $A(t_{1/2}) = \dfrac{A_f}{2} = \dfrac{1{,}45}{2} \approx 0{,}73$.

On trace l'horizontale d'ordonnée $0{,}73$ jusqu'à la courbe et on lit l'abscisse du point d'intersection.

$t_{1/2} \approx 1{,}7$ min, soit environ 2 min.

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale de la transformation (environ 8 min). On divise par deux l'ordonnée finale, pas la durée.

COMPRENDRE
L'axe des temps est gradué de 5 min en 5 min : la lecture est peu précise et toute valeur comprise entre 1,5 et 2 min est acceptable.



3.8 · Figure 2 de l'annexe : lecture du temps de demi-réaction

3.9 Déduire des réponses précédentes si cette transformation peut servir de support à un titrage direct de l'eau oxygénée. Justifier.

Une réaction support de titrage doit être totale et rapide.

Ici la transformation est totale ($\tau \approx 1$, 3.7.2), mais elle est lente : $t_{1/2}$ vaut près de 2 min et l'état final n'est atteint qu'après une quinzaine de minutes.

Non : cette transformation est trop lente pour servir de support à un titrage direct.

COMPRENDRE
Lors d'un titrage, on attend que la réaction soit terminée après chaque ajout de solution titrante : avec une transformation de plusieurs minutes, le repérage de l'équivalence serait impraticable.

Propagation des ondes

Bac S 2005 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Vrai ou faux, avec justification : la célérité de l'infrason dans l'air vaut $34{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.1), $340\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.2), $340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (1.3).

Données utiles $L = 24{,}0$ km ; $\Delta t = 70{,}6$ s

L'onde parcourt la distance L pendant la durée Δt : $v = \dfrac{L}{\Delta t}$, avec $L = 24{,}0 \times 10^3$ m.

$$v = \frac{24{,}0 \times 10^3}{70{,}6} = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 0{,}340\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$$

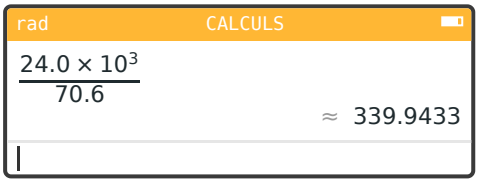
- **1.1** : faux.
- **1.2** : faux.
- **1.3** : vrai.

$v = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: seule la proposition 1.3 est exacte.

PIÈGE
Diviser 24,0 par 70,6 donne 0,340 : ce résultat est en $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$. Sans conversion de L en mètres, on se laisse tenter par 1.2, qui a les bons chiffres mais la mauvaise unité.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme L et Δt. On retrouve la célérité du son dans l'air : un infrason est une onde sonore de basse fréquence, il se propage à la même célérité qu'un son audible.

À LA CALCULATRICE



2.1 Vrai ou faux, avec justification : l'onde créée par la goutte à la surface de l'eau est une onde mécanique (2.1.1), longitudinale (2.1.2), transversale (2.1.3).

- **2.1.1** : vrai. La perturbation se propage dans un milieu matériel, l'eau, sans transport de matière : c'est une onde mécanique.
- **2.1.2** : faux.
- **2.1.3** : vrai. La surface de l'eau se déforme verticalement alors que l'onde progresse horizontalement : la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

Onde mécanique transversale : 2.1.1 et 2.1.3 vraies, 2.1.2 fausse.

MÉTHODE
Comparer deux directions : celle du déplacement des points du milieu et celle de la propagation. Perpendiculaires : onde transversale (corde, surface de l'eau). Parallèles : onde longitudinale (son, ressort comprimé).

2.2 Vrai ou faux, sans justification : lorsque l'onde l'atteint, le polystyrène se déplace parallèlement à la direction de propagation (2.2.1), perpendiculairement à celle-ci (2.2.2), monte et descend verticalement (2.2.3), reste immobile (2.2.4).

- **2.2.1** : faux.
- **2.2.2** : vrai.
- **2.2.3** : vrai.
- **2.2.4** : faux.

Le flotteur monte puis redescend sur place : 2.2.2 et 2.2.3 vraies.

PIÈGE
Plusieurs propositions peuvent être exactes : 2.2.2 et 2.2.3 décrivent le même mouvement, la verticale étant perpendiculaire à la direction de propagation, qui est horizontale.

COMPRENDRE
Le flotteur suit le point de la surface sur lequel il repose. L'onde transporte de l'énergie, pas de matière : il n'est pas emporté vers le bord et retrouve sa position une fois l'onde passée.

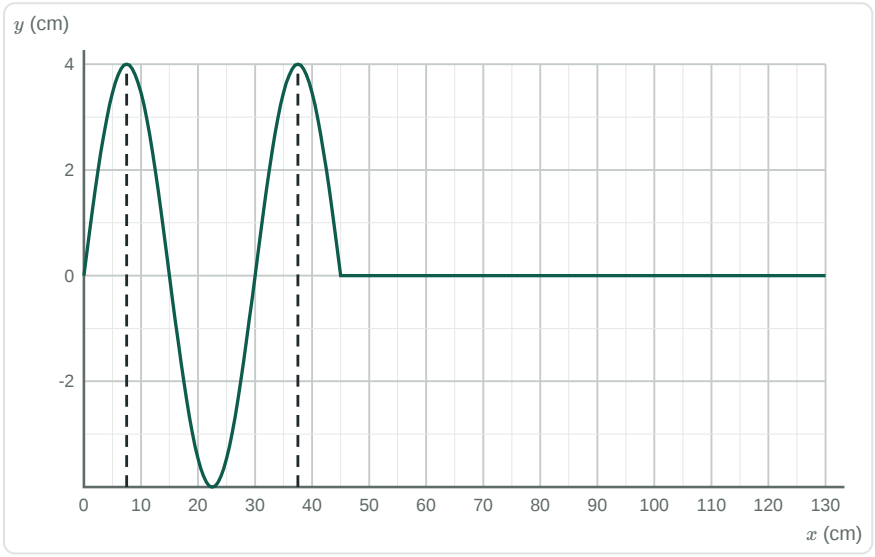
3.1 Vrai ou faux, avec justification : d'après le graphique 2, la longueur d'onde vaut 20 cm (3.1.1), 30 cm (3.1.2), 46 cm (3.1.3).

La longueur d'onde est la plus petite distance séparant deux points de la corde dans le même état vibratoire. Sur le graphique 2, les deux sommets sont en $x \approx 7{,}5$ cm et $x \approx 37{,}5$ cm ; de même, la corde repasse par $y = 0$ en montant en $x = 0$ et en $x = 30$ cm.

- **3.1.1** : faux.
- **3.1.2** : vrai.
- **3.1.3** : faux.

$\lambda = 30$ cm : seule la proposition 3.1.2 est exacte.

PIÈGE
46 cm est à peu près l'abscisse du front de l'onde (45 cm), c'est-à-dire la longueur de corde déjà atteinte, soit $1{,}5\,\lambda$. Entre deux passages consécutifs par $y = 0$, il n'y a que $\lambda/2 = 15$ cm.



3.1 · Graphique 2 ($t_2 = 90$ ms) : deux sommets consécutifs (tirets) sont séparés de $\lambda = 30$ cm

3.2 Vrai ou faux, avec justification : d'après les graphiques 1 et 2, la période vaut 30 ms (3.2.1), 60 ms (3.2.2), 18 ms (3.2.3).

Données utiles $t_1 = 30$ ms ; $t_2 = 90$ ms ; $\lambda = 30$ cm (3.1)

Le front de l'onde est en $x = 15$ cm à la date t_1 et en $x = 45$ cm à la date t_2 : l'onde a progressé de 30 cm, soit une longueur d'onde. Or l'onde avance de λ pendant une période :

$$T = t_2 - t_1 = 90 - 30 = 60 \text{ ms}$$

- **3.2.1** : faux.
- **3.2.2** : vrai.
- **3.2.3** : faux.

$T = 60$ ms : seule la proposition 3.2.2 est exacte.

COMPRENDRE
Autre lecture : à $t_1 = 30$ ms, la corde ne dessine qu'une demi-sinusoïde. Le vibreur, parti à $t_0 = 0$, n'a effectué qu'une demi-oscillation : $T/2 = 30$ ms.

3.3 Vrai ou faux, avec justification : la célérité de l'onde dans la corde vaut $5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3.1), $10{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3.2), $15{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3.3).

Données utiles $\lambda = 30$ cm (3.1) ; $T = 60$ ms (3.2)

$v = \dfrac{\lambda}{T}$ avec $\lambda = 30 \times 10^{-2}$ m et $T = 60 \times 10^{-3}$ s :

$$v = \frac{30 \times 10^{-2}}{60 \times 10^{-3}} = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

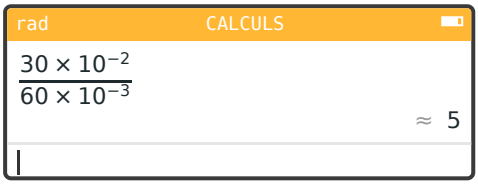
- **3.3.1** : vrai.
- **3.3.2** : faux.
- **3.3.3** : faux.

$v = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: seule la proposition 3.3.1 est exacte.

PIÈGE
Avec $T = 30$ ms (erreur de la question 3.2), on trouve $10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, qui figure parmi les propositions.

MÉTHODE
Vérification sans λ ni T : sur le graphique 1, le front a parcouru 15 cm en 30 ms, soit $\dfrac{0{,}15}{0{,}030} = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



3.4 Vrai ou faux, sans justification : l'aspect de la corde à la date $t = 180$ ms est représenté par le graphe 3 (3.4.1), 4 (3.4.2), 5 (3.4.3), 6 (3.4.4).

Données utiles $v = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.3) ; $\lambda = 30$ cm (3.1)

À la date t, le front de l'onde a parcouru $d = v\,t = 5{,}0 \times 180 \times 10^{-3} = 0{,}90$ m, soit 90 cm $= 3\lambda$.

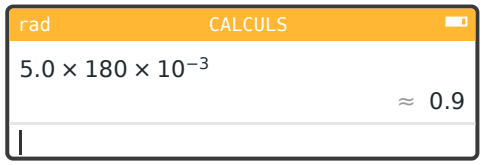
- **3.4.1** : faux. Le front n'y est qu'à 60 cm.
- **3.4.2** : faux. L'abscisse est un temps : ce graphe n'est pas une photographie de la corde.
- **3.4.3** : vrai. Front en $x = 90$ cm, trois longueurs d'onde tracées.
- **3.4.4** : faux. La corde y est au repos près du vibreur, alors que les oscillations sont entretenues.

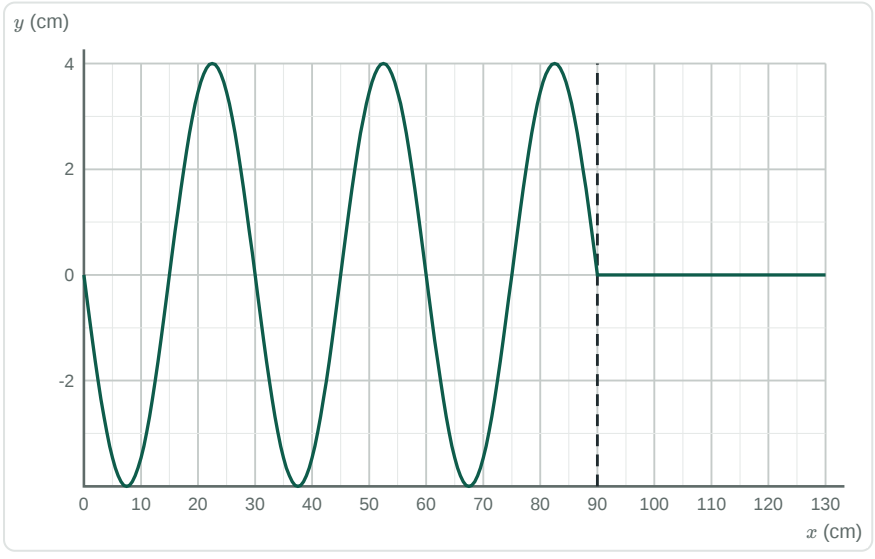
Le graphe 5 convient : seule la proposition 3.4.3 est exacte.

COMPRENDRE
Aucune justification n'est exigée ici ; le calcul de d suffit au brouillon. Le graphe 3 correspond à la date $\dfrac{0{,}60}{5{,}0} = 0{,}12$ s, soit 120 ms.

MÉTHODE
Pour reconnaître l'aspect d'une corde à une date donnée : 1) vérifier que l'axe horizontal est bien x ; 2) placer le front en $x = v\,t$; 3) vérifier que la corde vibre depuis la source jusqu'au front.

À LA CALCULATRICE





3.4 · Graphique 5 : à $t = 180$ ms, le front de l'onde (tirets) est en $x = 90$ cm, soit trois longueurs d'onde

4.1 Vrai ou faux, avec justification : la propagation de la lumière visible montre que c'est une onde mécanique (4.1.1) ; elle est moins rapide dans l'eau que dans le vide (4.1.2) ; dans un milieu dispersif donné, sa célérité est la même pour toutes les fréquences (4.1.3).

Données utiles indice de réfraction de l'eau : $n = 1{,}3$

- **4.1.1** : faux. La lumière se propage dans le vide, sans milieu matériel : c'est une onde électromagnétique.
- **4.1.2** : vrai. Dans un milieu d'indice n, la célérité est $v = \dfrac{c}{n}$. Pour l'eau, $n = 1{,}3 > 1$, donc $v < c$.
- **4.1.3** : faux. Un milieu est dit dispersif lorsque la célérité de l'onde y dépend de sa fréquence.

Seule la proposition 4.1.2 est exacte.

COMPRENDRE
C'est parce que le verre est dispersif qu'un prisme sépare les couleurs : l'indice n dépend de la fréquence, donc chaque radiation est déviée différemment.

4.2 Vrai ou faux, avec justification : la lumière rouge a des longueurs d'onde plus grandes que la lumière bleue (4.2.1) ; ses fréquences sont plus petites que celles de l'infrarouge (4.2.2) ; elle est moins énergétique que la lumière bleue (4.2.3).

- **4.2.1** : vrai. Dans le vide, le visible s'étend d'environ 400 nm (violet) à 800 nm (rouge) : $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleu}}$.
- **4.2.2** : faux. L'infrarouge correspond à $\lambda > 800$ nm, donc $\lambda_{\text{IR}} > \lambda_{\text{rouge}}$. Comme $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$, on a $\nu_{\text{rouge}} > \nu_{\text{IR}}$.
- **4.2.3** : vrai. L'énergie d'un photon est $E = h\,\nu = \dfrac{h\,c}{\lambda}$. Puisque $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleu}}$, on a $E_{\text{rouge}} < E_{\text{bleu}}$.

4.2.1 et 4.2.3 vraies, 4.2.2 fausse.

PIÈGE
Fréquence et longueur d'onde varient en sens inverse. « Infra » signifie « en dessous » en fréquence : l'infrarouge a des fréquences plus petites que le rouge, donc des longueurs d'onde plus grandes.

4.3 Vrai ou faux, avec justification : la diffraction est plus marquée avec une fente de 0,5 µm que de 5 µm (4.3.1) ; l'écart angulaire est proportionnel à la largeur de la fente (4.3.2) ; il est plus petit pour le rouge que pour le bleu (4.3.3).

Pour une fente de largeur a éclairée par une radiation de longueur d'onde λ, l'écart angulaire du faisceau diffracté est $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$.

- **4.3.1** : vrai. À λ fixée, θ augmente quand a diminue : la fente la plus fine diffracte le plus.
- **4.3.2** : faux. θ est inversement proportionnel à a.
- **4.3.3** : faux. À a fixée, θ est proportionnel à λ ; or $\lambda_{\text{rouge}} > \lambda_{\text{bleu}}$, donc $\theta_{\text{rouge}} > \theta_{\text{bleu}}$.

Seule la proposition 4.3.1 est exacte.

COMPRENDRE
Dans $\theta = \lambda/a$, l'angle est en radians, λ et a dans la même unité. Sur un écran, la tache centrale est donc plus large en lumière rouge qu'en lumière bleue.

Datation des séismes en Californie

Bac S 2005 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 3 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Donner la composition en protons et en neutrons des noyaux ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ et ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$.

Un noyau ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ contient Z protons et $A-Z$ neutrons.

${}^{12}_{6}\mathrm{C}$: 6 protons et $12-6=6$ neutrons.

${}^{14}_{6}\mathrm{C}$: 6 protons et $14-6=8$ neutrons.

PIÈGE
Le nombre du haut, A, compte tous les nucléons : annoncer « 14 neutrons » pour le carbone 14 est l'erreur classique.

1.2 Justifier que ces deux noyaux sont isotopes en définissant ce mot.

Des noyaux isotopes ont le même numéro atomique Z (même nombre de protons, donc même élément chimique) mais des nombres de neutrons différents, donc des nombres de masse A différents.

${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ et ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ ont tous deux 6 protons, mais 6 et 8 neutrons : ils sont isotopes.

1.3 Le carbone 14 est émetteur β^-. Écrire l'équation de la réaction nucléaire en la justifiant.

Données utiles $Z(\mathrm{B})=5$; $Z(\mathrm{C})=6$; $Z(\mathrm{N})=7$

Une désintégration β^- émet un électron ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$: ${}^{14}_{6}\mathrm{C} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$.

Conservation du nombre de nucléons : $14=A+0$, donc $A=14$.

Conservation de la charge électrique : $6=Z-1$, donc $Z=7$: le noyau fils est un noyau d'azote.

${}^{14}_{6}\mathrm{C} \longrightarrow {}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

PIÈGE
Écrire $6=Z+1$ et trouver le bore. La charge de l'électron est négative : Z augmente.

COMPRENDRE
Le noyau fils n'étant pas excité, aucun photon γ n'accompagne la désintégration. L'électron émis sort du noyau : un neutron s'y est transformé en proton, d'où Z qui augmente d'une unité.

1.4 Calculer, en joules, l'énergie de liaison $E_l({}^{14}\mathrm{C})$ du carbone 14.

Données utiles $m_p = 1{,}672\,621 \times 10^{-27}$ kg ; $m_n = 1{,}674\,927 \times 10^{-27}$ kg ; $m({}^{14}\mathrm{C}) = 2{,}325\,84 \times 10^{-26}$ kg ; $c = 2{,}998 \times 10^{8}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

L'énergie de liaison est l'énergie à fournir au noyau au repos pour le séparer en ses nucléons isolés et au repos : $E_l = \Delta m \cdot c^2$, où Δm est le défaut de masse.

$$\Delta m = 6\,m_p + 8\,m_n - m({}^{14}\mathrm{C})$$

$\Delta m = 6 \times 1{,}672\,621 \times 10^{-27} + 8 \times 1{,}674\,927 \times 10^{-27} - 2{,}325\,84 \times 10^{-26} = 1{,}767 \times 10^{-28}$ kg

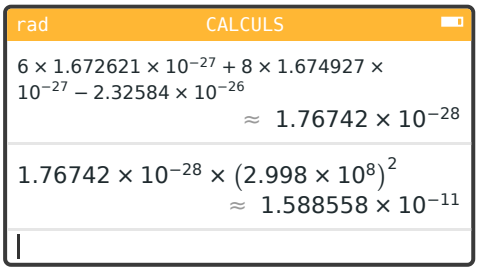
$E_l({}^{14}\mathrm{C}) = 1{,}767 \times 10^{-28} \times (2{,}998 \times 10^{8})^2$

$E_l({}^{14}\mathrm{C}) = 1{,}589 \times 10^{-11}$ J

PIÈGE
Arrondir les masses avant la soustraction : Δm ne représente que 0,8 % de la masse du noyau, tous les chiffres donnés sont nécessaires.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la masse du noyau est connue à 10^{-31} kg près, donc Δm aussi, soit quatre chiffres. Avec c à quatre chiffres, le résultat en garde quatre.

À LA CALCULATRICE



1.5 En déduire l'énergie de liaison par nucléon du carbone 14, en joules par nucléon.

Données utiles $E_l(^{14}\text{C}) = 1{,}589 \times 10^{-11}$ J (1.4) ; $A = 14$

Le noyau contient $A = 14$ nucléons :

$$\frac{E_l}{A} = \frac{1{,}589 \times 10^{-11}}{14}$$

$$\boxed{\frac{E_l}{A} = 1{,}135 \times 10^{-12} \text{ J par nucléon}}$$

COMPRENDRE
C'est l'énergie de liaison par nucléon, et non l'énergie de liaison, qui permet de comparer la stabilité de deux noyaux. Le nombre 14 est exact : il ne limite pas les chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.589 \times 10^{-11}}{14} \approx 1.135 \times 10^{-12}$

1.6 Calculer, en joules, l'énergie libérée par la réaction de la question 1.3.

Données utiles $m_e = 9{,}109\,381 \times 10^{-31}$ kg ; $m(^{14}\text{C}) = 2{,}325\,84 \times 10^{-26}$ kg ; $m(^{14}\text{N}) = 2{,}325\,27 \times 10^{-26}$ kg ; $c = 2{,}998 \times 10^{8}$ m · s^{-1}

La masse diminue au cours de la désintégration ; l'énergie libérée correspond à cette perte de masse :

$$E_{\text{libérée}} = \left[m(^{14}\text{C}) - m(^{14}\text{N}) - m_e \right] c^2$$

$m(^{14}\text{C}) - m(^{14}\text{N}) - m_e = 2{,}325\,84 \times 10^{-26} - 2{,}325\,27 \times 10^{-26} - 9{,}109\,381 \times 10^{-31} = 4{,}789 \times 10^{-30}$ kg

$E_{\text{libérée}} = 4{,}789 \times 10^{-30} \times (2{,}998 \times 10^{8})^2$

$$\boxed{E_{\text{libérée}} = 4{,}3 \times 10^{-13} \text{ J}}$$

PIÈGE
Oublier la masse de l'électron émis (16 % de la perte de masse), ou passer par les énergies de liaison alors que les masses des deux noyaux sont données.

COMPRENDRE
La différence des deux masses de noyaux vaut $5{,}7 \times 10^{-30}$ kg, connue à 10^{-31} kg près : deux chiffres significatifs seulement au résultat, malgré la précision des données.

MÉTHODE
Énergie libérée : (masse des réactifs − masse des produits) × c^2, résultat positif. Avec l'ordre inverse, la variation est négative : le système cède cette énergie à l'extérieur.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2.32584 \times 10^{-26} - 2.32527 \times 10^{-26} - 9.109381 \times 10^{-31} \approx 4.789062 \times 10^{-30}$

$4.7890619 \times 10^{-30} \times (2.998 \times 10^{8})^2 \approx 4.304411 \times 10^{-13}$

2.1 Écrire la loi de décroissance radioactive.

$$\boxed{N(t) = N_0\, \mathrm{e}^{-\lambda t}}$$

COMPRENDRE
λ et t doivent être dans des unités cohérentes : ici λ en an^{-1} et t en années, l'exposant λt est sans unité.

2.2.1 Donner la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif.

Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon s'est désintégrée.

$$\boxed{N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}}$$

PIÈGE
Au bout de $2\,t_{1/2}$ il reste un quart des noyaux, et non zéro : la population est divisée par deux à chaque demi-vie.

2.2.2 Retrouver l'expression $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$.

Par définition, $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$. Avec la loi de décroissance :

$$N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \quad \text{soit} \quad \mathrm{e}^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

On prend le logarithme népérien : $-\lambda\, t_{1/2} = \ln\dfrac{1}{2} = -\ln 2$.

$$\boxed{t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}}$$

MÉTHODE
Pour extraire une durée d'une exponentielle : isoler l'exponentielle, prendre le logarithme népérien des deux membres, puis utiliser $\ln(1/a) = -\ln a$.

2.2.3 En déduire la valeur de la constante radioactive λ en an^{-1}.

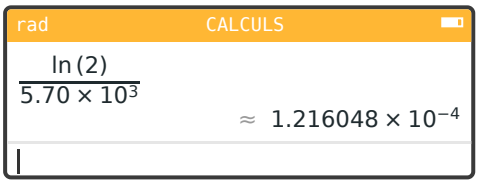
Données utiles $t_{1/2} = 5{,}70 \times 10^3$ ans

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5{,}70 \times 10^3}$$

$$\boxed{\lambda = 1{,}22 \times 10^{-4}\ \mathrm{an}^{-1}}$$

COMPRENDRE
Inutile de convertir en secondes : l'énoncé demande λ en an^{-1} et les durées de la partie 3 sont en années. Trois chiffres significatifs, comme $t_{1/2}$.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 Définir l'activité d'un échantillon radioactif et donner son unité dans le système international.

L'activité d'un échantillon est le nombre de désintégrations qui s'y produisent par seconde.

Unité SI : le becquerel (Bq) ; 1 Bq = 1 désintégration par seconde.

COMPRENDRE
L'activité est ce que l'on mesure réellement avec un compteur ; le nombre N de noyaux restants, lui, n'est pas accessible directement.

2.3.2 À partir de $A(t) = \lambda\, N(t)$ et de la loi de décroissance, montrer que $\dfrac{A(t)}{A_0} = \dfrac{N(t)}{N_0} = \mathrm{e}^{-\lambda t}$.

À la date t : $A(t) = \lambda\, N(t)$; à la date $t_0 = 0$: $A_0 = \lambda\, N_0$.

Le rapport donne : $\dfrac{A(t)}{A_0} = \dfrac{\lambda\, N(t)}{\lambda\, N_0} = \dfrac{N(t)}{N_0}$.

Or la loi de décroissance $N(t) = N_0\,\mathrm{e}^{-\lambda t}$ s'écrit $\dfrac{N(t)}{N_0} = \mathrm{e}^{-\lambda t}$.

$$\boxed{\frac{A(t)}{A_0} = \frac{N(t)}{N_0} = \mathrm{e}^{-\lambda t}}$$

COMPRENDRE
L'activité suit la même loi exponentielle que le nombre de noyaux, avec la même demi-vie : c'est ce qui permet de dater à partir de simples mesures d'activité.

3.1 Déterminer la durée t_3 écoulée entre le séisme et la mesure pour l'échantillon n°3.

Données utiles $A_0 = 0{,}255$ SI ; $A(t_3) = 0{,}223$ SI ; $t_{1/2} = 5{,}70 \times 10^3$ ans ; $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$ (2.2.3)

D'après 2.3.2 : $\dfrac{A(t_3)}{A_0} = \mathrm{e}^{-\lambda t_3}$, donc $\ln \dfrac{A(t_3)}{A_0} = -\lambda t_3$.

$$t_3 = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A(t_3)} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A_0}{A(t_3)}$$

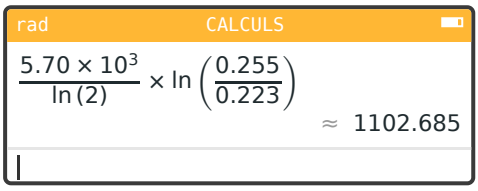
$$t_3 = \frac{5{,}70 \times 10^3}{\ln 2} \times \ln \frac{0{,}255}{0{,}223} = 1\,103 \text{ ans}$$

$t_3 = 1{,}10 \times 10^3$ ans

PIÈGE
Inverser le rapport dans le logarithme donne une durée négative. Comme $A_0 > A(t_3)$, c'est $\ln \dfrac{A_0}{A(t_3)}$ qui est positif.

MÉTHODE
Garder λ sous la forme $\dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$ dans le calcul : avec la valeur arrondie $1{,}22 \times 10^{-4}$ an^{-1} on trouve 1 099 ans, soit le même résultat à trois chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE



3.2 En déduire l'année au cours de laquelle a eu lieu le séisme correspondant à l'échantillon n°3, étudié en 1989.

Données utiles $t_3 = 1{,}10 \times 10^3$ ans (3.1) ; mesure en 1989

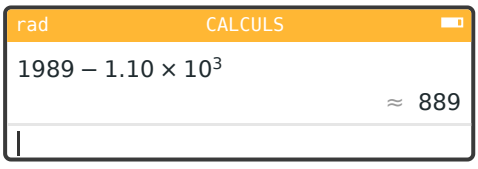
Le séisme s'est produit t_3 années avant la mesure :

$$1989 - 1{,}10 \times 10^3 = 889$$

Le séisme a eu lieu vers l'an 890.

COMPRENDRE
t_3 n'est connu qu'à une dizaine d'années près (trois chiffres significatifs) : la méthode donne une époque, pas une année exacte. D'où « vers 890 ».

À LA CALCULATRICE



3.3 Attribuer aux échantillons 1 et 2 les années 586 et 1247, en justifiant sans calcul.

Données utiles $A_1 = 0{,}233$ SI ; $A_2 = 0{,}215$ SI ; $A_3 = 0{,}223$ SI, séisme vers 890 (3.2)

L'activité décroît au cours du temps : plus un échantillon est enseveli depuis longtemps, plus son activité est faible.

$A_2 < A_3 < A_1$: l'échantillon 2 est le plus ancien, l'échantillon 1 le plus récent.

Échantillon 2 : an 586 ; échantillon 1 : an 1247.

COMPRENDRE
Vérification de cohérence : l'échantillon 3, d'activité intermédiaire, est daté vers 890, bien entre 586 et 1247.

Spécialité : Etude d'une corde de piano

Bac S 2005 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Qu'observe-t-on sur la corde à la fréquence $f_0 = 523$ Hz : combien de ventres et de nœuds ?

Données utiles un fuseau unique de grande amplitude à f_0 ; corde fixe en O et immobile en M

Un fuseau unique : un ventre au milieu, encadré par deux nœuds (O et M).

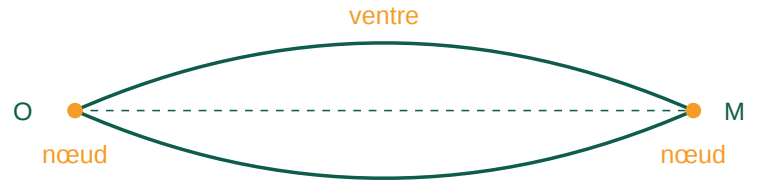
- 1.1.1 : **vrai**.
- 1.1.2 : **faux**, deux ventres donneraient deux fuseaux.
- 1.1.3 : **faux**, même raison.
- 1.1.4 : **faux**, il n'y a que deux nœuds.

Seule la proposition 1.1.1 est vraie : un ventre et deux nœuds.

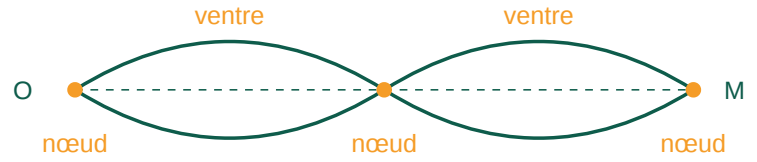
COMPRENDRE
Les ondes stationnaires sur une corde, les harmoniques, la hauteur et le timbre relevaient de l'ancien enseignement de spécialité : ces notions ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

MÉTHODE
Nœud : point toujours immobile. Ventre : point d'amplitude maximale. Avec n fuseaux, on compte n ventres et $n+1$ nœuds, extrémités comprises.

523 Hz : mode fondamental



1046 Hz : harmonique d'ordre 2



1.1 · Aspect de la corde entre O et M : un fuseau à 523 Hz, deux fuseaux à 1046 Hz

1.2 La fréquence $f_0 = 523$ Hz est-elle celle de l'harmonique d'ordre 1, de l'harmonique d'ordre 2, du mode fondamental ?

Un seul fuseau : la corde vibre dans son mode fondamental.
L'harmonique d'ordre n a pour fréquence $n \cdot f_0$.

- 1.2.1 : **vrai**, pour $n = 1$ la fréquence est f_0.
- 1.2.2 : **faux**, l'ordre 2 correspond à $2f_0 = 1046$ Hz.
- 1.2.3 : **vrai**.

1.2.1 et 1.2.3 sont vraies : f_0 est la fréquence du fondamental, ou harmonique d'ordre 1.

PIÈGE
Croire qu'une seule proposition est exacte. L'énoncé prévient qu'il peut y en avoir aucune, une ou plusieurs : ici « fondamental » et « harmonique d'ordre 1 » désignent le même mode.

1.3 Qu'observe-t-on à la fréquence de vibration $f_1 = 1046$ Hz ?

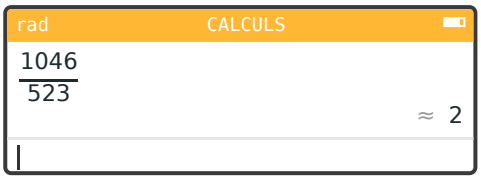
Données utiles $f_0 = 523$ Hz

$f_1 = 1046\ \text{Hz} = 2f_0$: c'est la fréquence propre de l'harmonique d'ordre 2. La corde est en résonance, avec deux fuseaux.

- 1.3.1 : **faux**, le fuseau unique n'existe qu'à f_0.
- 1.3.2 : **vrai**.
- 1.3.3 : **faux**, deux fuseaux comportent 3 nœuds (O, M et le milieu).

Seule la proposition 1.3.2 est vraie : 2 fuseaux à $f_1 = 2f_0$.

À LA CALCULATRICE



1.4 Quelle relation traduit la quantification des modes propres : $n\lambda = 2L$, $n\lambda = L$ ou $n\lambda = \frac{L}{2}$?

- 1.4.1 : **vrai**.
- 1.4.2 : **faux**.
- 1.4.3 : **faux**.

Seule la proposition 1.4.1 est vraie : $n\lambda = 2L$, soit $L = n\,\frac{\lambda}{2}$.

COMPRENDRE
Aucune justification n'est demandée. La raison : un fuseau a pour longueur $\frac{\lambda}{2}$ (distance entre deux nœuds voisins), et la corde contient n fuseaux entre O et M.

1.5 Quelle est la célérité des ondes sur la corde à la fréquence $f_0 = 523$ Hz ?

Données utiles $L = 42{,}2\ \text{cm} = 0{,}422\ \text{m}$; $f_0 = 523$ Hz ; $n\lambda = 2L$ (1.4)

Pour le fondamental, $n = 1$: $\lambda = 2L$. Or $v = \lambda \cdot f_0$, donc

$$v = 2L \cdot f_0 = 2 \times 0{,}422 \times 523 = 441\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

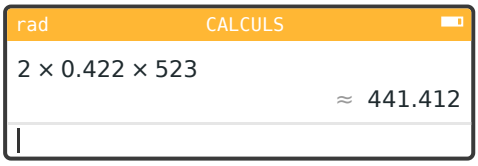
- 1.5.1 : **faux** (célérité du son dans l'air).
- 1.5.2 : **faux** (célérité de la lumière dans le vide).
- 1.5.3 : **vrai**.
- 1.5.4 : **faux** (obtenue avec $\lambda = L$).

Seule la proposition 1.5.3 est vraie : $v = 2L \cdot f_0 = 441\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

PIÈGE
Laisser L en centimètres, ou prendre $\lambda = L$: pour le fondamental, la corde ne contient qu'une demi-longueur d'onde.

COMPRENDRE
L et f_0 sont donnés avec trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quel est le rôle de la caisse de résonance : augmenter la hauteur du son, augmenter le niveau sonore, entretenir les vibrations de la corde ?

- 2.1.1 : **faux**.
- 2.1.2 : **vrai**.
- 2.1.3 : **faux**.

Seule la proposition 2.1.2 est vraie : la caisse augmente le niveau sonore.

COMPRENDRE
Aucune justification n'est demandée. La corde seule met très peu d'air en mouvement ; la caisse vibre à la même fréquence avec une grande surface. La hauteur est inchangée et aucune énergie n'est apportée à la corde.

2.2 Pour augmenter la hauteur du son émis par la corde, faut-il la tendre davantage ou la détendre ?

Données utiles $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$; $\lambda = 2L$ pour le fondamental (1.4)

La hauteur du son est la fréquence f_0 du fondamental. Avec $v = \lambda \cdot f_0$ et $\lambda = 2L$:

$$f_0 = \frac{v}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

L et μ étant fixés, f_0 augmente quand la tension F augmente.

- 2.2.1 : **vrai**, le son devient plus aigu.
- 2.2.2 : **faux**, détendre la corde rend le son plus grave.

Seule la proposition 2.2.1 est vraie : il faut tendre davantage la corde.

PIÈGE
Confondre hauteur et niveau sonore. La hauteur est liée à la fréquence du fondamental (grave ou aigu), le niveau sonore à l'amplitude (faible ou fort).

3.1 À quelle fréquence correspond le mode fondamental de la corde, d'après l'enregistrement de la figure 2 ?

Données utiles figure 2 : trois motifs identiques entre $t = 0$ et $t = 5{,}43$ ms

La fréquence de $u(t)$ est celle du fondamental. La figure 2 montre trois périodes en 5,43 ms : $3T = 5{,}43$ ms.

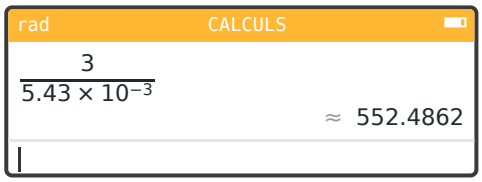
$$f = \frac{1}{T} = \frac{3}{5{,}43 \times 10^{-3}} = 552 \text{ Hz}$$

- 3.1.1 : **faux** (valeur obtenue avec $T = 5{,}43$ ms).
- 3.1.2 : **faux**.
- 3.1.3 : **vrai**.
- 3.1.4 : **faux** (fréquence de l'harmonique d'ordre 2).

Seule la proposition 3.1.3 est vraie : $f = \frac{3}{5{,}43 \times 10^{-3}} = 552$ Hz.

PIÈGE
Prendre l'intervalle entre les deux bosses voisines d'un même motif pour une période. La période est la durée du plus petit motif complet qui se répète à l'identique.

À LA CALCULATRICE



3.2 Le son émis par la corde est un son complexe. Lequel des spectres 3.a, 3.b, 3.c, 3.d lui correspond ?

Données utiles $f = 552$ Hz (3.1) ; r : amplitude de l'harmonique rapportée à celle du fondamental

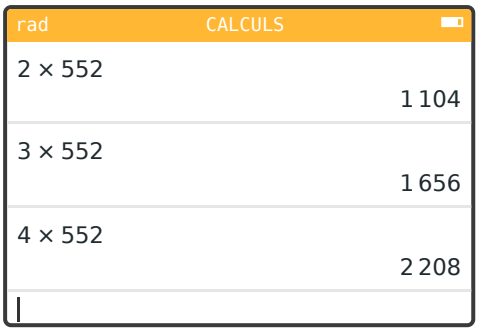
Le spectre doit montrer le pic $r = 1$ du fondamental vers 552 Hz, puis des harmoniques aux fréquences multiples (1104 Hz, 1656 Hz, 2208 Hz…) car le son est complexe.

- 3.2.1 : **vrai**, pic $r = 1$ vers 550 Hz suivi de plusieurs harmoniques.
- 3.2.2 : **faux**, fondamental à 400 Hz.
- 3.2.3 : **faux**, un seul pic : son pur.
- 3.2.4 : **faux**, pic unique, en dessous de 400 Hz.

Seule la proposition 3.2.1 est vraie : le spectre est celui de la figure 3.a.

MÉTHODE
Lire un spectre en deux temps : la position du premier pic donne la fréquence du fondamental (la hauteur) ; le nombre et l'amplitude des autres pics renseignent sur le timbre. Un seul pic : son pur.

À LA CALCULATRICE



3.3 D'après les réponses précédentes et le tableau des fréquences des notes, la corde étudiée est-elle bien ou mal accordée ?

Données utiles $f = 552$ Hz (3.1) ; tableau : do_4 à 523 Hz, ré_4 à 587 Hz

Le fondamental d'un do_4 bien accordé est à 523 Hz. La fréquence mesurée, 552 Hz, se situe entre celles du do_4 et du ré_4.

- 3.3.1 : **faux**.
- 3.3.2 : **vrai**, le son est trop aigu de $552 - 523 = 29$ Hz.

Seule la proposition 3.3.2 est vraie : la corde est mal accordée ($552\ \text{Hz} \neq 523\ \text{Hz}$).

COMPRENDRE

Le son est trop aigu : d'après 2.2, la corde est trop tendue. L'accordeur doit la détendre légèrement pour ramener la fréquence du fondamental à 523 Hz.

À LA CALCULATRICE

