Corrigé complet — Bac S 2006 Amérique du Nord (ancien programme)

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

Ex 1	**Conservateur et parfum** Couple acide-base et diagramme de prédominance · Taux d'avancement final · Quotient de réaction et constante d'acidité · Facteurs cinétiques · Synthèse d'un ester · Rendement	7 pts	1 h 31	15 questions	p. 2
Ex 2	**Le piège photo** Charge d'un condensateur · Circuit RC · Constante de temps · Analyse dimensionnelle · Énergie d'un condensateur · Oscillations d'un circuit RLC	5 pts	1 h 05	10 questions	p. 7
Ex 3	**Spécialité : Le didjeridoo instrument de musique traditionnel** Ondes sonores longitudinales · Onde stationnaire dans un tuyau sonore · Période et fréquence sur un oscillogramme · Spectre et harmoniques · Niveau d'intensité sonore	4 pts	52 min	13 questions	p. 12
Ex 4	**Production d'énergie nucléaire** Demi-vie et activité · Lois de conservation · Fission et fusion · Défaut de masse et énergie libérée · Courbe d'Aston	4 pts	52 min	12 questions	p. 17

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.

Conservateur et parfum

Bac S 2006 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1 Partie I, A. Quelle masse m_0 d'acide benzoïque faut-il peser pour préparer la solution S_0 ? La solution est-elle saturée ?

Données utiles $C_0 = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_0 = 100\ \text{mL}$; $M = 122\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; solubilité : $2{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ à 25 °C

Quantité d'acide à dissoudre : $n_0 = C_0\,V_0$, et $m_0 = n_0\,M$, donc $m_0 = C_0\,V_0\,M$.

$$m_0 = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 0{,}100 \times 122 = 0{,}12\ \text{g}$$

Concentration en masse de S_0 : $C_m = \dfrac{m_0}{V_0} = \dfrac{0{,}12}{0{,}100} = 1{,}2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Cette valeur est inférieure à la solubilité ($2{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) : tout le solide se dissout.

$m_0 = 0{,}12\ \text{g}$; la solution S_0 n'est pas saturée ($1{,}2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} < 2{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$).

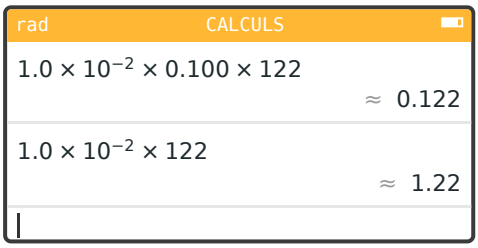
PIÈGE

Laisser V_0 en millilitres, ou comparer la masse 0,12 g à la solubilité : celle-ci est donnée pour un litre, il faut comparer deux concentrations en masse.

COMPRENDRE

C_0 n'a que deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux, soit 0,12 g et non 0,122 g. On peut aussi écrire directement $C_m = C_0\,M$.

À LA CALCULATRICE



2 Partie I, A. Écrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.

L'acide benzoïque cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base :

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{–COOH (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{–COO}^- \text{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+ \text{(aq)}$$

COMPRENDRE

La double flèche indique une transformation limitée : la mesure du pH le confirmera à la question 5.

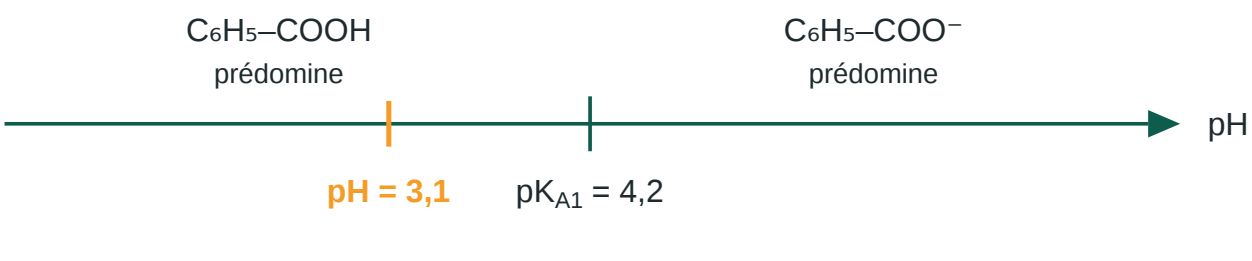
3 Partie I, A. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque / ion benzoate. En déduire l'espèce prédominante dans la solution S_0.

Données utiles $\text{p}K_{A1} = 4{,}2$; pH de S_0 : 3,1

Pour $\text{pH} < \text{p}K_{A1}$, l'acide $\text{C}_6\text{H}_5\text{–COOH}$ prédomine ; pour $\text{pH} > \text{p}K_{A1}$, c'est la base $\text{C}_6\text{H}_5\text{–COO}^-$ (voir le diagramme).

Dans S_0 : $\text{pH} = 3{,}1 < 4{,}2$.

L'espèce prédominante dans S_0 est l'acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{–COOH}$.



3 · Diagramme de prédominance (en orange : la solution S_0)

4 Partie I, A. Compléter le tableau d'avancement de l'annexe en fonction de C_0, V_0 et $x_{éq}$.

La quantité initiale d'acide benzoïque est $n_0 = C_0\,V_0$; l'eau, solvant, est en excès. D'après les nombres stœchiométriques, il se forme autant d'ions benzoate que d'ions oxonium.

À l'équilibre : $n(\mathrm{C_6H_5{-}COOH}) = C_0\,V_0 - x_{éq}$ et $n(\mathrm{C_6H_5{-}COO^-}) = n(\mathrm{H_3O^+}) = x_{éq}$.

Équation de la réaction		$C_6H_5{-}COOH(aq)$ +	$H_2O(l)$ =	$C_6H_5{-}COO^-(aq)$ +	$H_3O^+(aq)$
État du système	Avancement en mol	Quantités de matière en mol			
État initial	0	C_0V_0	excès	0	0
État final (à l'équilibre)	$x_{éq}$	$C_0V_0 - x_{éq}$	excès	$x_{éq}$	$x_{éq}$

4 · Annexe complétée (en orange : ce que l'élève écrit)

5 Partie I, A. Déterminer l'avancement maximal x_{max}. Montrer que $\tau = \dfrac{[\mathrm{H_3O^+}]_{éq}}{C_0}$, puis le calculer. Ce résultat est-il en accord avec la question 3 ?

Données utiles $C_0 = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $V_0 = 0{,}100\ \mathrm{L}$; $\mathrm{pH} = 3{,}1$

Si la transformation était totale, l'acide benzoïque (réactif limitant, l'eau étant en excès) serait entièrement consommé : $C_0\,V_0 - x_{max} = 0$.

$$x_{max} = C_0\,V_0 = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 0{,}100 = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

D'après le tableau, $x_{éq} = n(\mathrm{H_3O^+})_{éq} = [\mathrm{H_3O^+}]_{éq}\,V_0$, donc

$$\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}} = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{éq}\,V_0}{C_0\,V_0} = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{éq}}{C_0}$$

Avec $[\mathrm{H_3O^+}]_{éq} = 10^{-\mathrm{pH}} = 10^{-3{,}1} = 7{,}9 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$:

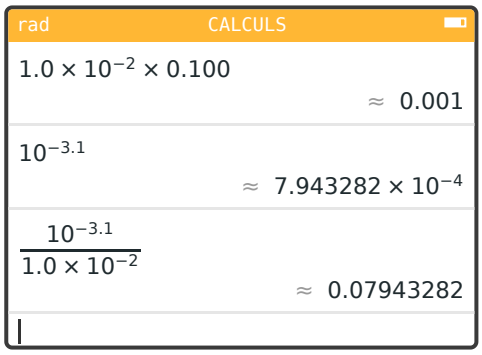
$$\tau = \frac{10^{-3{,}1}}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 7{,}9 \times 10^{-2}$$

Moins de 8 % des molécules d'acide ont réagi : la forme acide reste très majoritaire, en accord avec la question 3.

$x_{max} = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$; $\tau = 7{,}9 \times 10^{-2}$, soit 7,9 % : transformation très limitée, l'acide benzoïque prédomine bien.

PIÈGE
Oublier le signe « moins » dans $10^{-\mathrm{pH}}$, ou conclure sans chiffre : l'accord avec la question 3 se justifie par la valeur de τ, très inférieure à 1.

À LA CALCULATRICE



6 Partie I, A. Donner l'expression du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,éq}$ en fonction de $[\mathrm{H_3O^+}]_{éq}$ et C_0. Calculer $Q_{r,éq}$.

Données utiles $C_0 = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $[\mathrm{H_3O^+}]_{éq} = 10^{-3{,}1}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$ (Q5)

Pour la réaction de la question 2 (l'eau, solvant, n'apparaît pas) :

$$Q_{r,éq} = \frac{[\mathrm{C_6H_5{-}COO^-}]_{éq}\,[\mathrm{H_3O^+}]_{éq}}{[\mathrm{C_6H_5{-}COOH}]_{éq}}$$

D'après le tableau d'avancement, en divisant les quantités par V_0 :

- $[\mathrm{C_6H_5{-}COO^-}]_{éq} = [\mathrm{H_3O^+}]_{éq}$;
- $[\mathrm{C_6H_5{-}COOH}]_{éq} = C_0 - [\mathrm{H_3O^+}]_{éq}$.

$$Q_{r,éq} = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{éq}^2}{C_0 - [\mathrm{H_3O^+}]_{éq}} = \frac{\left(10^{-3{,}1}\right)^2}{1{,}0 \times 10^{-2} - 10^{-3{,}1}}$$

$$Q_{r,éq} = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{éq}^2}{C_0 - [\mathrm{H_3O^+}]_{éq}} = 6{,}9 \times 10^{-5}$$

PIÈGE
Écrire $[\mathrm{C_6H_5{-}COOH}]_{éq} = C_0$: la part d'acide qui a réagi (8 %) n'est pas négligée ici. Garder $10^{-3{,}1}$ dans la calculatrice plutôt qu'une valeur arrondie.

COMPRENDRE
Les concentrations sont en fait divisées par $c^\circ = 1\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$: $Q_{r,éq}$ n'a pas d'unité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{(10^{-3.1})^2}{1.0\times10^{-2}-10^{-3.1}} \approx 6.854007\times10^{-5}$$

7 Partie I, A. Retrouver la valeur donnée du pK_{A1} du couple acide benzoïque / ion benzoate.

Données utiles $Q_{r,éq}=6{,}9\times10^{-5}$ (Q6)

La réaction étudiée est celle de l'acide du couple avec l'eau : sa constante d'équilibre est la constante d'acidité, $Q_{r,éq}=K_{A1}$.

$$pK_{A1}=-\log K_{A1}=-\log\left(6{,}9\times10^{-5}\right)=4{,}2$$

$pK_{A1}=4{,}2$: on retrouve la valeur donnée dans l'énoncé.

MÉTHODE
Mesurer le pH d'une solution d'acide faible de concentration connue suffit à déterminer le K_A du couple : pH, puis $[H_3O^+]_{éq}$, puis $Q_{r,éq}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$-\log(6.854006536\times10^{-5}) \approx 4.164055$$

1 Partie I, B. Après ajout de soude, le pH vaut 6,2. Indiquer sans calcul l'espèce du couple acide benzoïque / ion benzoate qui prédomine.

Le pH de la solution est maintenant supérieur au pK_{A1} : $6{,}2>4{,}2$. D'après le diagramme de la partie A, on se trouve dans le domaine de la base.

L'ion benzoate $C_6H_5-COO^-$ prédomine.

2 Partie I, B. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde. Exprimer sa constante d'équilibre K, puis la calculer.

Données utiles $pK_{A1}=4{,}2$; $pK_{A2}=14{,}0$

$$C_6H_5-COOH\,(aq)+HO^-\,(aq)\rightleftharpoons C_6H_5-COO^-\,(aq)+H_2O\,(l)$$

$$K=\frac{[C_6H_5-COO^-]_{éq}}{[C_6H_5-COOH]_{éq}\,[HO^-]_{éq}}$$

On multiplie le numérateur et le dénominateur par $[H_3O^+]_{éq}$ pour faire apparaître K_{A1} et $K_{A2}=[H_3O^+]_{éq}\,[HO^-]_{éq}$:

$$K=\frac{[C_6H_5-COO^-]_{éq}\,[H_3O^+]_{éq}}{[C_6H_5-COOH]_{éq}}\times\frac{1}{[H_3O^+]_{éq}\,[HO^-]_{éq}}=\frac{K_{A1}}{K_{A2}}$$

$$K=\frac{10^{-4,2}}{10^{-14,0}}=10^{14,0-4,2}=10^{9,8}$$

$$K=\frac{K_{A1}}{K_{A2}}=10^{9,8}=6{,}3\times10^9$$

PIÈGE
Inverser le rapport : K_{A2}/K_{A1} donnerait $1{,}6\times10^{-10}$, valeur absurde pour une réaction entre un acide et la base forte HO^-.

COMPRENDRE
K_{A2} est le produit ionique de l'eau K_e. Comme K est très supérieure à 10^4, la transformation est quasi totale : presque tout l'acide touché par la soude devient ion benzoate.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$10^{14.0-4.2} \approx 6.309573\times10^9$$

1 Partie II, A. Déterminer les quantités de matière n_1 d'acide benzoïque et n_2 de méthanol introduites.

Données utiles $m_1 = 12{,}2$ g ; $M_1 = 122$ g · mol^{-1} ; $V_2 = 30$ mL ; $\rho_2 = 0{,}80$ g · mL^{-1} ; $M_2 = 32$ g · mol^{-1}

Acide benzoïque (solide) : $n_1 = \dfrac{m_1}{M_1} = \dfrac{12{,}2}{122} = 0{,}100$ mol.

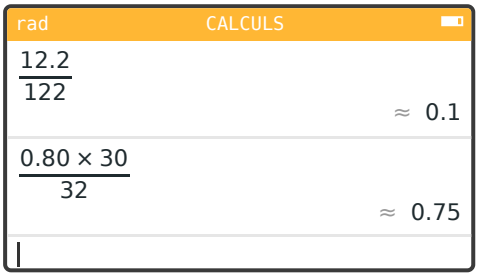
Méthanol (liquide) : sa masse est $m_2 = \rho_2 V_2$, donc

$$n_2 = \frac{\rho_2 V_2}{M_2} = \frac{0{,}80 \times 30}{32} = 0{,}75 \text{ mol}$$

$n_1 = 0{,}100$ mol ; $n_2 = 0{,}75$ mol

PIÈGE
Utiliser la masse volumique de l'acide benzoïque (1,3) à la place de celle du méthanol. Ici ρ_2 est en g · mL^{-1} et V_2 en mL : aucune conversion n'est nécessaire.

À LA CALCULATRICE



2 Partie II, A. Au vu du mode opératoire, identifier les facteurs cinétiques sur lesquels on joue pour réaliser le plus rapidement cette synthèse.

- La **température** : le mélange est chauffé, ce qui augmente la vitesse de la réaction.
- La présence d'un **catalyseur** : les ions H^+ apportés par les quelques gouttes d'acide sulfurique concentré accélèrent la réaction sans figurer dans son équation.

Deux facteurs cinétiques : la température (chauffage) et l'emploi d'un catalyseur (acide sulfurique).

PIÈGE
Citer la pierre ponce : elle régularise l'ébullition et n'accélère rien. De même, un catalyseur ne modifie pas l'état final : il ne change pas le rendement.

3 Partie II, A. On a effectué un chauffage à reflux du mélange réactionnel. Quelle en est l'utilité ?

Chauffer accélère la transformation. Le réfrigérant vertical condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon.

Le chauffage à reflux permet de travailler à température élevée, donc plus vite, sans perte de réactifs ni de produits.

1 Partie II, B. Écrire l'équation de la réaction de synthèse du benzoate de méthyle.

Un acide carboxylique réagit avec un alcool pour donner un ester et de l'eau :

$$C_6H_5{-}COOH + CH_3OH \rightleftharpoons C_6H_5{-}COO{-}CH_3 + H_2O$$

COMPRENDRE
L'estérification est lente et limitée, d'où le catalyseur, le chauffage et la double flèche. On vérifie la masse molaire de l'ester $C_8H_8O_2$: $8 \times 12 + 8 \times 1 + 2 \times 16 = 136$ g · mol^{-1}.

2 Partie II, B. Déterminer le réactif limitant. En déduire la quantité de matière théorique d'ester que l'on pourrait obtenir si la transformation était totale.

Données utiles $n_1 = 0{,}100$ mol et $n_2 = 0{,}75$ mol (Q1 de la partie II, A)

Les réactifs réagissent mole à mole (nombres stœchiométriques égaux à 1). Comme $n_1 < n_2$, l'acide benzoïque serait épuisé le premier : c'est le réactif limitant, et $x_{max} = n_1$.

Une mole d'acide consommée donne une mole d'ester : $n_{\text{théo}} = x_{max} = n_1$.

Réactif limitant : l'acide benzoïque ; $n_{\text{théo}} = 0{,}100$ mol d'ester.

COMPRENDRE
Le méthanol est en large excès (7,5 fois plus) : cet excès déplace l'équilibre dans le sens de la formation de l'ester et améliore le rendement.

3 Partie II, B. Définir et calculer le rendement expérimental de cette synthèse.

Données utiles $m_{\text{exp}} = 9{,}52$ g ; $M_{\text{ester}} = 136$ g · mol^{-1} ; $n_{\text{théo}} = 0{,}100$ mol (Q2)

Le rendement est le rapport entre la quantité de produit réellement obtenue et la quantité maximale que l'on obtiendrait si la transformation était totale :

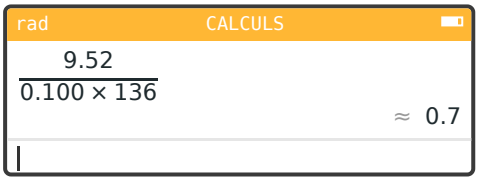
$$\eta = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{théo}}} = \frac{m_{\text{exp}}}{n_{\text{théo}}\, M_{\text{ester}}}$$

$$\eta = \frac{9{,}52}{0{,}100 \times 136} = 0{,}700$$

$\eta = 0{,}700$, soit 70,0 %

PIÈGE
Diviser la masse d'ester par la masse d'acide introduite (9,52 / 12,2) : les masses molaires diffèrent, le rendement se calcule en quantités de matière ou avec la masse théorique d'ester, 13,6 g.

À LA CALCULATRICE



Le piège photo

Bac S 2006 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1 (Partie I) Schématiser le circuit de charge avec le sens réel du courant, établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$, vérifier sa forme $u_C + \tau \dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E$ et en déduire τ.

Le courant sort de la borne $+$ du générateur : il arrive sur l'armature supérieure du condensateur, qui porte la charge q (schéma).

Loi des mailles : $u_C + u_R = E$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$. Pour le condensateur : $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_C$, donc $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

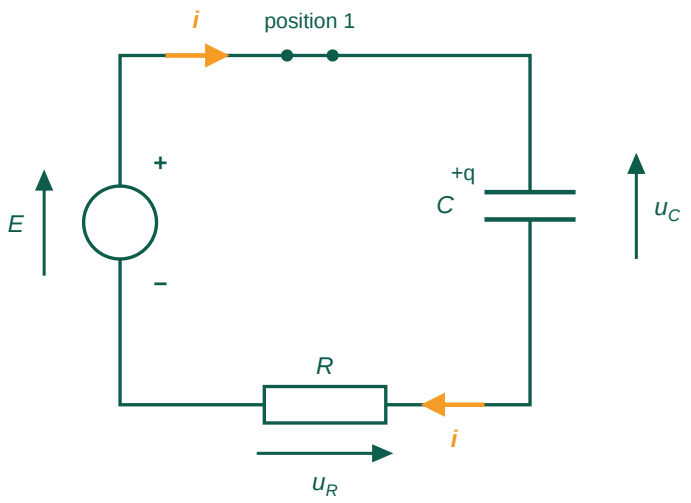
On obtient :

$$u_C + RC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = E$$

C'est la forme demandée, avec, par identification :

$\tau = RC$

PIÈGE
Les flèches des tensions u_R et u_C pointent vers le point par où le courant entre dans le dipôle (convention récepteur). Sans cela, un signe « $-$ » apparaît dans l'équation.



1 · Circuit de charge (commutateur en position 1) ; en orange, le sens réel du courant

2 (Partie I) Montrer par une analyse dimensionnelle que la constante τ est homogène à un temps.

De $u_R = R\,i$: $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$.

De $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$: $[I] = [C]\,\dfrac{[U]}{[T]}$, soit $[C] = \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$.

Donc $[\tau] = [R]\,[C] = \dfrac{[U]}{[I]} \times \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$.

$[\tau] = [T]$: τ est homogène à un temps.

MÉTHODE
Pour trouver la dimension d'une grandeur, partir d'une relation connue qui la contient et l'isoler. Une dérivée par rapport au temps a la dimension de la grandeur divisée par un temps.

3 (Partie I) Déduire de l'équation différentielle la valeur U_C de $u_C(t)$ en régime permanent.

Données utiles $E = 8{,}0$ V

En régime permanent, u_C ne varie plus : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0$.

L'équation différentielle se réduit à $U_C + \tau \times 0 = E$.

$U_C = E = 8{,}0$ V

4 (Partie I) Montrer que $u_C(t) = A\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ est solution de l'équation différentielle à condition que $A = E$.

On dérive : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = \dfrac{A}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$.

On reporte dans le membre de gauche de l'équation :

$$u_C + \tau\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = A - A\,\mathrm{e}^{-t/\tau} + \tau \times \frac{A}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau} = A$$

Ce membre vaut E à tout instant si, et seulement si :

$A = E$: $u_C(t) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ est solution.

PIÈGE

La dérivée de $\mathrm{e}^{-t/\tau}$ est $-\dfrac{1}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$: avec le signe « $-$ » placé devant l'exponentielle, la dérivée de u_C est positive.

5 (Partie I) Montrer que, pour une durée égale à 5τ, on peut considérer que la charge du condensateur est totale.

À $t = 5\tau$: $u_C(5\tau) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-5}\right) = 0{,}993\,E$.

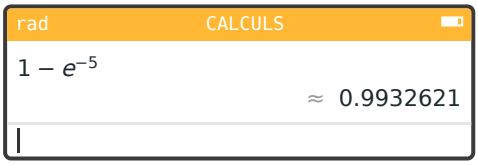
L'écart avec la valeur finale E est inférieur à $1\ \%$.

$u_C(5\tau) \approx 0{,}99\,E \approx E$: la charge est pratiquement totale.

COMPRENDRE

En toute rigueur, u_C n'atteint jamais E : l'exponentielle ne s'annule pas. « Charge totale » est une convention : à 5τ, il manque moins de $1\ \%$.

À LA CALCULATRICE



6 (Partie I) Évaluer τ sur le graphique 1 en expliquant la méthode, puis en déduire la durée minimale pendant laquelle le commutateur doit rester en position 1.

Données utiles $E = 8{,}0$ V ; charge totale au bout de 5τ (Q5)

À $t = \tau$: $u_C(\tau) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-1}\right) = 0{,}63\,E = 0{,}63 \times 8{,}0 = 5{,}0$ V.

On trace l'horizontale $u_C = 5{,}0$ V : elle coupe la courbe au point d'abscisse $\tau = 0{,}22$ s.

Durée minimale de charge : $\Delta t = 5\tau = 5 \times 0{,}22 = 1{,}1$ s.

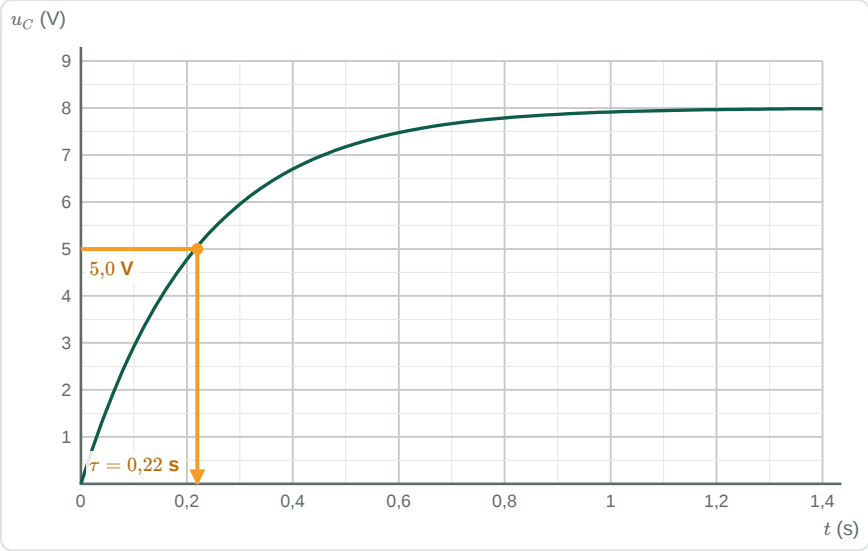
$\tau = 0{,}22$ s ; $\Delta t = 5\tau = 1{,}1$ s

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme $E = 8{,}0$ V et comme le permet la lecture graphique. Une valeur entre $0{,}21$ et $0{,}23$ s est acceptable.

MÉTHODE

La lecture à $63\ \%$ de la valeur finale est plus précise que la tangente à l'origine, dont le tracé à la main est incertain.



À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1 - e^{-1}$ ≈ 0.6321206

0.63 × 8.0 ≈ 5.04

5 × 0.22 ≈ 1.1

6 · Graphique 1 complété : lecture de τ à 63 % de E

1 (Partie II) Déterminer, à l'aide du graphique 2, la durée $t_{1/2}$ au bout de laquelle la tension aux bornes du condensateur est réduite de moitié.

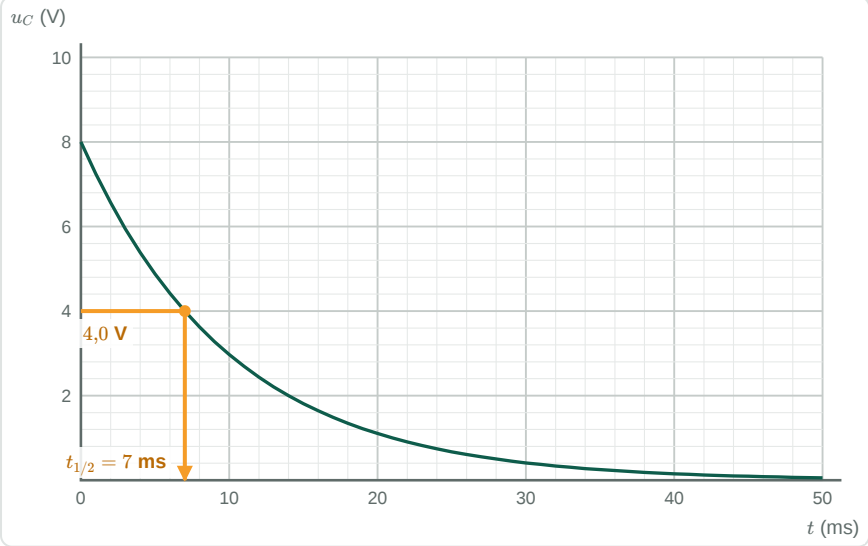
À $t = 0$, $u_C = 8{,}0$ V. On cherche l'instant où $u_C = \dfrac{8{,}0}{2} = 4{,}0$ V.

L'horizontale $u_C = 4{,}0$ V coupe la courbe au point d'abscisse $0{,}007$ s.

$t_{1/2} \approx 7$ ms

COMPRENDRE

La bobine et la décharge d'un condensateur dans une bobine ne sont plus au programme de spécialité. Cette question reste une simple lecture graphique. Le piège réagit en quelques millièmes de seconde.



1 · Graphique 2 complété : lecture de $t_{1/2}$

2 (Partie II) Parmi E, C et R, indiquer en justifiant les paramètres sur lesquels agir pour que l'énergie initialement emmagasinée par le condensateur soit la plus grande possible.

Le condensateur chargé sous la tension $U_C = E$ (Q3) emmagasine l'énergie

$$W = \frac{1}{2} C E^2$$

Cette énergie augmente si l'on augmente E ou si l'on augmente C. Elle ne dépend pas de R : la résistance modifie seulement la durée de la charge ($\tau = RC$).

On peut agir sur E et sur C (en les augmentant), pas sur R.

COMPRENDRE
Doubler E multiplie l'énergie par 4, doubler C par 2 seulement. De plus, augmenter C allonge la charge et ralentit la décharge : agir sur E est le choix le plus efficace.

1 (Partie III) Nommer le régime correspondant à l'évolution de la tension $u_C(t)$ du graphique 3.

La tension oscille de part et d'autre de zéro avec une amplitude qui décroît au cours du temps.

Régime pseudo-périodique (oscillations amorties).

COMPRENDRE
Les oscillations électriques d'un circuit RLC ne figurent plus au programme de spécialité. L'amortissement vient de la résistance $R' + r$, qui dissipe l'énergie par effet Joule.

2 (Partie III) Utiliser l'enregistrement du graphique 3 pour déterminer l'inductance L de la bobine, en justifiant la démarche.

Données utiles $C' = 10$ nF $= 10 \times 10^{-9}$ F

L'amortissement étant faible, la pseudo-période T est pratiquement égale à la période propre du circuit : $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{L\,C'}$.

Sur le graphique 3, quatre pseudo-périodes durent $8{,}0 \times 10^{-5}$ s : $T = \dfrac{8{,}0 \times 10^{-5}}{4} = 2{,}0 \times 10^{-5}$ s.

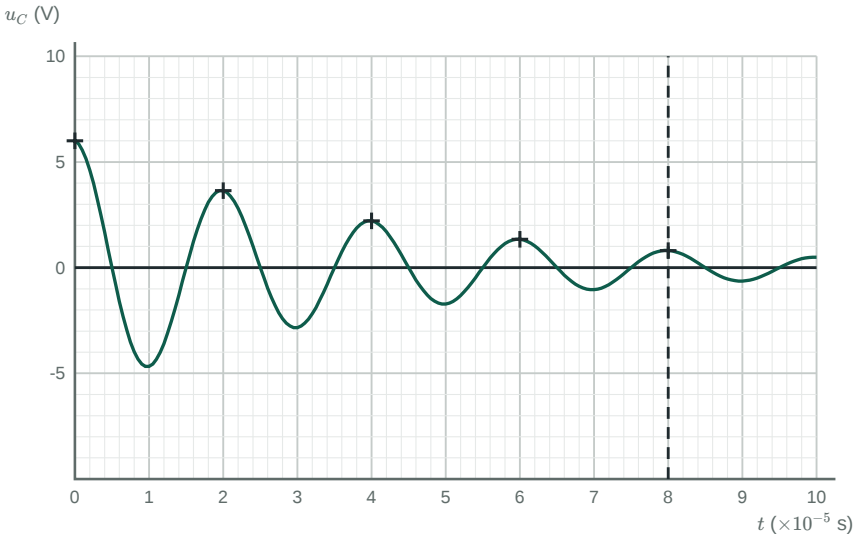
De $T^2 = 4\pi^2\,L\,C'$:

$$L = \frac{T^2}{4\pi^2\,C'} = \frac{\left(2{,}0 \times 10^{-5}\right)^2}{4\pi^2 \times 10 \times 10^{-9}} = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{H}$$

$$\boxed{L = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{H} = 1{,}0\ \text{mH}}$$

PIÈGE
Oublier d'élever T au carré ou laisser C' en nF. Avec C' en farads et T en secondes, L sort en henrys.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs pseudo-périodes puis diviser : l'incertitude de lecture est répartie sur quatre oscillations.



2 · Graphique 3 : les croix repèrent cinq maximums successifs, soit $4T = 8{,}0 \times 10^{-5}$ s

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{8.0 \times 10^{-5}}{4} \approx 2 \times 10^{-5}$$

$$\frac{(2.0 \times 10^{-5})^2}{4 \times \pi^2 \times 10 \times 10^{-9}} \approx 0.001013212$$

Spécialité : Le didjeridoo instrument de musique traditionnel

Bac S 2006 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Première partie. Les ondes sonores sont-elles des ondes transversales ou longitudinales ? Justifier.

Lors du passage d'un son, les tranches d'air se déplacent (compressions et dilatations) parallèlement à la direction dans laquelle l'onde se propage.

Les ondes sonores sont des ondes **longitudinales**.

COMPRENDRE
Une onde est transversale quand la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation, comme sur une corde ou à la surface de l'eau.

2 Exprimer la longueur d'onde λ_1 en fonction de la longueur L du tuyau. Justifier.

Dans une onde stationnaire, deux nœuds voisins sont séparés par $\frac{\lambda}{2}$; un nœud et le ventre voisin sont donc séparés par $\frac{\lambda}{4}$.

Sur la figure 1, le tuyau contient uniquement un nœud (extrémité fermée) et un ventre (extrémité ouverte) : $L = \frac{\lambda_1}{4}$.

$\lambda_1 = 4L$

PIÈGE
Écrire $L = \frac{\lambda_1}{2}$: ce serait vrai entre deux nœuds (corde fixée aux deux bouts), pas entre un nœud et un ventre.

3 En déduire que la fréquence du mode fondamental s'écrit $f_1 = \frac{v}{4L}$.

Célérité, longueur d'onde et fréquence sont liées par $v = \lambda_1 f_1$, donc $f_1 = \frac{v}{\lambda_1}$.

Avec $\lambda_1 = 4L$ (question 2) :

$f_1 = \frac{v}{4L}$, ce qui est bien l'expression attendue.

4.1 Déterminer à partir de l'oscillogramme de la figure 2a la fréquence f_1 du mode fondamental. Ce son est-il grave ou aigu ?

Données utiles figure 2a : 5 motifs identiques entre $t = 40$ ms et $t = 100$ ms

On mesure plusieurs périodes pour réduire l'incertitude de lecture : $5\,T_1 = 100 - 40 = 60$ ms, donc $T_1 = \frac{60}{5} = 12$ ms.

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{12 \times 10^{-3}} = 83 \text{ Hz}$$

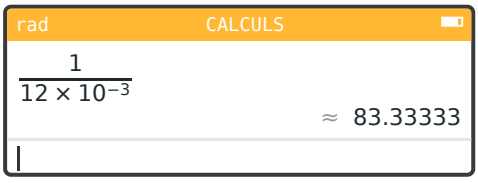
L'oreille perçoit les sons de 20 Hz à 20 kHz : 83 Hz se situe tout en bas de cet intervalle.

$f_1 = 83$ Hz : la fréquence est faible, le son est **grave**.

PIÈGE
Laisser T_1 en millisecondes : $\frac{1}{12}$ donne 0,083 et non des hertz. Convertir en secondes avant d'inverser.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la lecture de T_1. Le pic unique de la figure 2b, un peu au-dessus de 80 Hz, confirme la valeur. La hauteur d'un son n'est plus au programme actuel de spécialité.

À LA CALCULATRICE



4.2 En déduire la longueur L du didjéridoo utilisé.

Données utiles $v = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f_1 = 83$ Hz (Q4.1)

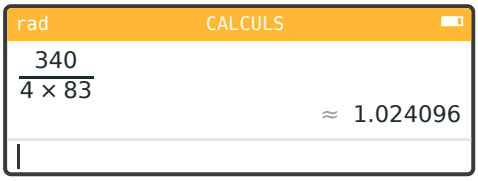
D'après la question 3, $f_1 = \dfrac{v}{4L}$, donc $L = \dfrac{v}{4f_1}$.

$$L = \frac{340}{4 \times 83} = 1{,}0\ \text{m}$$

$L = 1{,}0$ m

COMPRENDRE
Le résultat est cohérent avec le texte d'introduction, qui décrit une trompe « longue de plus d'un mètre ».

À LA CALCULATRICE



5 Quelle devrait être la longueur minimale d'un tuyau ouvert aux deux extrémités (type flûte) pour donner une note de même hauteur ?

Données utiles $v = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f_1 = 83$ Hz (Q4.1)

Même hauteur signifie même fréquence fondamentale f_1, donc même longueur d'onde $\lambda_1 = \dfrac{v}{f_1}$.

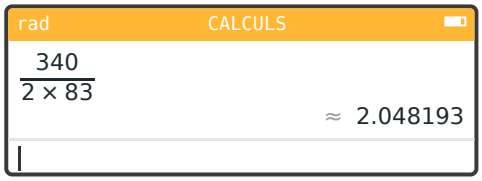
Un tuyau ouvert aux deux bouts présente un ventre à chaque extrémité. Le tuyau le plus court contient un seul nœud entre ces deux ventres : sa longueur est la distance entre deux ventres voisins.

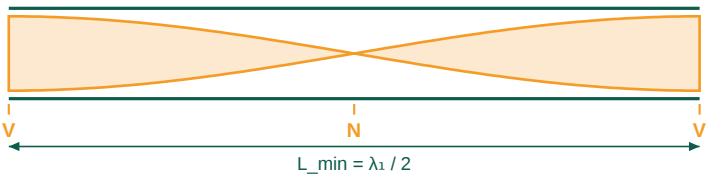
$$L_{\text{min}} = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{v}{2f_1} = \frac{340}{2 \times 83} = 2{,}0\ \text{m}$$

$L_{\text{min}} = 2{,}0$ m, soit le double de la longueur du didjéridoo.

MÉTHODE
Tuyau sonore : placer d'abord les nœuds (bout fermé) et les ventres (bout ouvert) imposés aux extrémités, puis compter les quarts de longueur d'onde contenus dans L.

À LA CALCULATRICE





5 · Tuyau ouvert aux deux extrémités, mode fondamental : un ventre à chaque bout, un seul nœud au milieu

1 Deuxième partie. En utilisant l'enregistrement de la figure 3a, déterminer la fréquence f_1' du mode fondamental du second didjéridoo.

Données utiles figure 3a : 8 motifs identiques entre les grands maximums situés à $t = 14$ ms et $t = 124$ ms

Le motif qui se répète comporte un grand maximum et un maximum secondaire : la période est la durée entre deux grands maximums successifs.

$8\,T_1' = 124 - 14 = 110$ ms, donc $T_1' = \dfrac{110}{8} = 13{,}8$ ms.

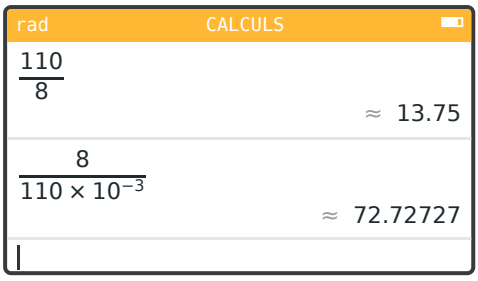
$$f_1' = \frac{1}{T_1'} = \frac{8}{110 \times 10^{-3}} = 73\ \text{Hz}$$

$f_1' = 73$ Hz

PIÈGE
Prendre pour période la durée entre deux maximums quelconques : le motif complet contient deux bosses, on trouverait une fréquence fausse.

COMPRENDRE
Le premier pic du spectre de la figure 3b, entre 70 et 80 Hz, donne la même fréquence : c'est celle du fondamental.

À LA CALCULATRICE



2 Comparer la longueur L' de ce second instrument à la longueur L du premier.

Données utiles $v = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f_1' = 73$ Hz (Q1) ; $L = 1{,}0$ m (Q4.2)

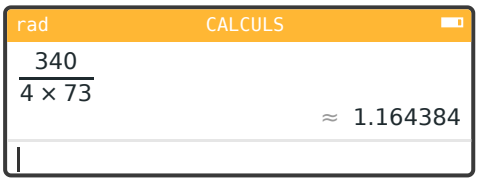
La relation de la première partie s'applique au second tuyau : $f_1' = \dfrac{v}{4L'}$, donc $L' = \dfrac{v}{4f_1'}$.

$$L' = \frac{340}{4 \times 73} = 1{,}2\ \text{m}$$

$L' = 1{,}2$ m $> L = 1{,}0$ m : le second didjéridoo est plus long que le premier.

COMPRENDRE
Sans calcul : f_1 est inversement proportionnelle à L. Le second son étant plus grave ($f_1' < f_1$), le tuyau est forcément plus long.

À LA CALCULATRICE



3 En comparant les spectres des figures 2b et 3b, indiquer la technique utilisée par l'instrumentiste dans chacun des deux cas.

Figure 2b : un seul pic notable, celui du fondamental. Le son est presque pur : c'est le bourdon, obtenu en soufflant les lèvres desserrées.

Figure 3b : en plus du fondamental, plusieurs pics d'amplitude non négligeable, donc un son riche en harmoniques. Le musicien joue les joues comprimées, la langue à l'avant de la bouche.

Figure 2b : lèvres desserrées (bourdon). Figure 3b : joues comprimées et langue en avant (son riche en harmoniques).

COMPRENDRE
Les oscillogrammes le montrent aussi : celui de la figure 2a est presque sinusoïdal, celui de la figure 3a est déformé. Harmoniques et timbre ne sont plus au programme actuel de spécialité.

4 Sur le spectre de la figure 3b, déterminer le rang n de l'harmonique ayant la plus grande amplitude après le fondamental.

Données utiles figure 3b : second pic le plus haut à $f_n \approx 2{,}2 \times 10^2$ Hz ; $f_1' = 73$ Hz (Q1)

Après le fondamental, le pic le plus haut se trouve à $f_n \approx 220$ Hz.

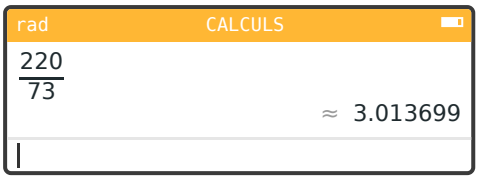
La fréquence de l'harmonique de rang n est un multiple entier de celle du fondamental : $f_n = n\, f_1'$.

$$n = \frac{f_n}{f_1'} = \frac{220}{73} \approx 3$$

$n = 3$: c'est l'harmonique de rang 3.

PIÈGE
Répondre $n = 2$ parce que c'est le deuxième pic visible. Le rang est le rapport des fréquences, pas le numéro d'ordre du pic.

À LA CALCULATRICE



5 a) Représenter les nœuds et les ventres de vibration correspondant à cet harmonique, puis exprimer L en fonction de sa longueur d'onde. b) Choisir, parmi les trois relations proposées entre L, n et λ_n, celle qui convient.

Données utiles $\lambda_1 = 4L$ (première partie, Q2) ; $n = 3$ (Q4)

a) La célérité est la même pour tous les harmoniques : $\lambda_3 = \dfrac{v}{f_3} = \dfrac{v}{3f_1} = \dfrac{\lambda_1}{3} = \dfrac{4L}{3}$, donc $L = \dfrac{3\lambda_3}{4}$.

Le tuyau contient trois quarts de longueur d'onde : en partant du bout fermé, on rencontre N, V, N, V, avec bien un nœud côté fermé et un ventre côté ouvert (schéma).

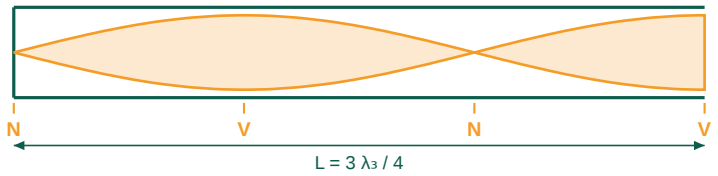
b) On teste chaque relation avec les deux résultats connus, $L = \dfrac{\lambda_1}{4}$ et $L = \dfrac{3\lambda_3}{4}$:

- relation (1) : pour $n = 1$, elle donne $L = \dfrac{\lambda_1}{2}$: elle ne convient pas ;
- relation (2) : correcte pour $n = 1$, mais pour $n = 3$ elle donne $L = \dfrac{5\lambda_3}{4}$: elle ne convient pas ;
- relation (3) : elle donne $L = \dfrac{\lambda_1}{4}$ pour $n = 1$ et $L = \dfrac{3\lambda_3}{4}$ pour $n = 3$.

a) $L = \dfrac{3\lambda_3}{4}$; b) la relation (3) convient : $L = \dfrac{n}{4}\lambda_n$.

PIÈGE
Choisir la relation (2) parce qu'elle « marche » pour $n = 1$. Une formule générale se vérifie sur tous les cas connus, ici aussi sur $n = 3$.

COMPRENDRE
Pour n pair, L serait un nombre entier de demi-longueurs d'onde : il faudrait un nœud au bout ouvert. Dans ce modèle, seuls les rangs impairs existent ; sur la figure 3b, ils dominent nettement (pics vers 73, 220, 365 et 510 Hz).



5 · Harmonique de rang 3 dans le tuyau fermé à gauche, ouvert à droite : trois demi-fuseaux

1 Troisième partie. Déterminer les intensités sonores I_1 et I_2 émises par chacun des instruments à la distance $d = 2$ m.

Données utiles $L_{S1} = 72$ dB ; $L_{S2} = 75$ dB ; $I_0 = 10^{-12}$ W · m^{-2}

On isole I dans $L_S = 10 \log \dfrac{I}{I_0}$: $\log \dfrac{I}{I_0} = \dfrac{L_S}{10}$, donc $I = I_0 \times 10^{L_S/10}$.

$I_1 = 10^{-12} \times 10^{72/10} = 1{,}6 \times 10^{-5}$ W · m^{-2}

$I_2 = 10^{-12} \times 10^{75/10} = 3{,}2 \times 10^{-5}$ W · m^{-2}

$I_1 = 1{,}6 \times 10^{-5}$ W · m^{-2} et $I_2 = 3{,}2 \times 10^{-5}$ W · m^{-2}

COMPRENDRE
Un écart de 3 dB correspond à une intensité doublée : $I_2 = 2I_1$, car $10^{0{,}3} \approx 2$.

MÉTHODE
La fonction réciproque de log est 10^x : si $\log a = b$, alors $a = 10^b$. Ne pas confondre avec ln et l'exponentielle.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{72}{10}} \approx 1.584893 \times 10^{-5}$

$1 \times 10^{-12} \times 10^{\frac{75}{10}} \approx 3.162278 \times 10^{-5}$

2 L'intensité sonore résultante est la somme des deux intensités. En déduire le niveau sonore L_S perçu à 2 m lorsque les deux didjéridoos jouent ensemble.

Données utiles $I_1 = 1{,}6 \times 10^{-5}$ W · m^{-2} et $I_2 = 3{,}2 \times 10^{-5}$ W · m^{-2} (Q1) ; $I_0 = 10^{-12}$ W · m^{-2}

$$I = I_1 + I_2 = 1{,}6 \times 10^{-5} + 3{,}2 \times 10^{-5} = 4{,}8 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$L_S = 10 \log \frac{I_1 + I_2}{I_0} = 10 \log \frac{4{,}8 \times 10^{-5}}{10^{-12}} = 77 \text{ dB}$$

$L_S = 77$ dB

PIÈGE
Additionner les niveaux : $72 + 75 = 147$ dB dépasserait le seuil de douleur. Ce sont les intensités qui s'ajoutent, jamais les décibels.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$10 \times \log\left(\frac{1.6 \times 10^{-5} + 3.2 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-12}}\right) \approx 76.81241$

Production d'énergie nucléaire

Bac S 2006 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie I (fission). Définir le terme demi-vie.

La demi-vie $t_{1/2}$ d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon se soient désintégrés.

COMPRENDRE
La demi-vie ne dépend que du type de noyau, pas de la quantité initiale ni de la date choisie comme origine : après $2\,t_{1/2}$ il reste un quart des noyaux, après $3\,t_{1/2}$ un huitième.

2 Partie I. Définir l'activité d'une source radioactive et préciser son unité dans le Système International.

L'activité A d'une source est le nombre moyen de désintégrations qui s'y produisent par unité de temps.

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

PIÈGE
Confondre l'activité A avec le nombre de nucléons, noté A lui aussi dans la suite de l'exercice.

3.1 Partie I. Déterminer les valeurs des nombres A et Z dans l'équation de la fission de l'uranium 235.

Données utiles ${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{94}_{Z}\mathrm{Sr} + {}^{A}_{54}\mathrm{Xe} + 3\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$

Lois de conservation (lois de Soddy) :

- nombre de nucléons : $235 + 1 = 94 + A + 3 \times 1$, donc $A = 236 - 97 = 139$;
- nombre de charge : $92 + 0 = Z + 54 + 3 \times 0$, donc $Z = 92 - 54 = 38$.

$A = 139$ et $Z = 38$: les noyaux formés sont ${}^{94}_{38}\mathrm{Sr}$ et ${}^{139}_{54}\mathrm{Xe}$.

PIÈGE
Oublier le coefficient 3 devant le neutron : les trois neutrons émis comptent pour trois nucléons.

3.2 Partie I. Calculer en MeV l'énergie libérée par cette réaction de fission.

Données utiles $m(\mathrm{U}) = 234{,}9942$ u ; $m(\mathrm{Sr}) = 93{,}8945$ u ; $m(\mathrm{Xe}) = 138{,}8892$ u ; $m(\mathrm{n}) = 1{,}00866$ u ; énergie de masse de 1 u : 931,5 MeV

Variation de masse au cours de la réaction (un neutron consommé, trois formés) :

$$\Delta m = m(\mathrm{Sr}) + m(\mathrm{Xe}) + 3\,m(\mathrm{n}) - m(\mathrm{U}) - m(\mathrm{n})$$

$$\Delta m = m(\mathrm{Sr}) + m(\mathrm{Xe}) + 2\,m(\mathrm{n}) - m(\mathrm{U})$$

$$\Delta m = 93{,}8945 + 138{,}8892 + 2 \times 1{,}00866 - 234{,}9942 = -0{,}1932 \text{ u}$$

La masse diminue : le système cède au milieu extérieur l'énergie $E_{\text{lib}} = |\Delta m|\,c^2$. Comme 1 u correspond à 931,5 MeV :

$$E_{\text{lib}} = 0{,}1932 \times 931{,}5 = 180 \text{ MeV}$$

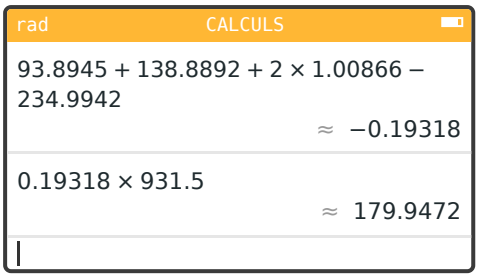
$E_{\text{lib}} = 180$ MeV par noyau d'uranium 235 fissionné.

PIÈGE
Calculer $m(\text{produits}) - m(\text{réactifs})$ donne une valeur négative : l'énergie libérée est sa valeur absolue, à annoncer positive.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : les masses sont connues à 10^{-4} u, donc $|\Delta m| = 0{,}1932$ u (quatre chiffres). Le résultat 179,9 MeV s'arrondit à 180 MeV.

MÉTHODE
Avec les masses en u, multiplier directement $|\Delta m|$ par 931,5 MeV. Passer par les kilogrammes, c^2 puis les joules donne le même résultat, avec trois conversions de plus.

À LA CALCULATRICE



3.3 Partie I. Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

Données utiles $E_{\text{lib}} = 180$ MeV (3.2)

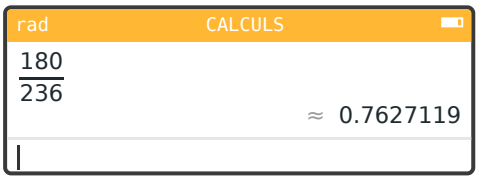
Nucléons participant à la réaction : ceux de l'uranium et le neutron incident, soit $235 + 1 = 236$ nucléons.

$$\frac{E_{\text{lib}}}{236} = \frac{180}{236} = 0{,}763 \text{ MeV}$$

Fission : $0{,}763\ \text{MeV}$ libérés par nucléon.

PIÈGE
Diviser par 235 en oubliant le neutron qui provoque la fission : il fait partie de la matière engagée.

À LA CALCULATRICE



1.1 Partie II (fusion). Définir le terme de noyaux isotopes.

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

1.2 Partie II. Donner la composition des noyaux de deutérium ${}^{2}_{1}\text{H}$ et de tritium ${}^{3}_{1}\text{H}$.

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

Deutérium ${}^{2}_{1}\text{H}$: 1 proton et 1 neutron. Tritium ${}^{3}_{1}\text{H}$: 1 proton et 2 neutrons.

2 Partie II. Qu'appelle-t-on réaction de fusion ?

Une fusion est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle deux noyaux légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd, en libérant de l'énergie.

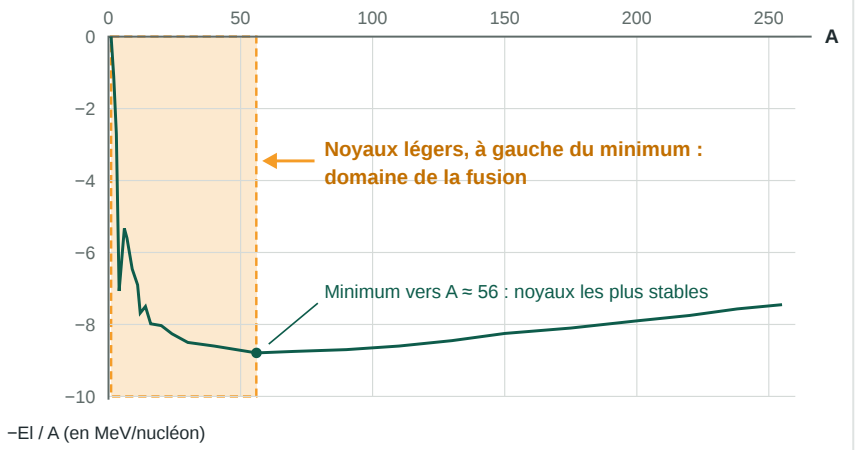
COMPRENDRE
Les deux noyaux, chargés positivement, se repoussent : la fusion exige des vitesses, donc une température, très élevées. C'est la difficulté technique que le projet ITER cherche à surmonter.

3 Partie II. Sur la courbe d'Aston (annexe), indiquer dans quel domaine se trouvent les noyaux susceptibles de donner une réaction de fusion.

Les noyaux les plus stables sont au minimum de la courbe, vers $A \approx 56$. Une fusion libère de l'énergie si le noyau formé est plus bas sur la courbe que les noyaux de départ.

Domaine de la fusion : les noyaux légers, sur la partie gauche de la courbe (A inférieur à 56 environ, surtout les tout premiers noyaux).

COMPRENDRE
L'ordonnée est $-E_l/A$: plus un noyau est bas, plus ses nucléons sont liés. À droite du minimum, les noyaux lourds gagnent en stabilité en se cassant : c'est le domaine de la fission.



3 · Annexe complétée : courbe d'Aston et domaine de la fusion

4 Partie II. Écrire l'équation de la réaction entre un noyau de deutérium et un noyau de tritium, qui libère un neutron et un noyau ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$. Préciser la nature de ce noyau.

${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$

Conservation du nombre de nucléons : $2 + 3 = A + 1$, donc $A = 4$. Conservation du nombre de charge : $1 + 1 = Z + 0$, donc $Z = 2$: l'élément est l'hélium.

${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$: le noyau formé est un noyau d'hélium 4.

5 Partie II. Montrer que l'énergie libérée au cours de cette fusion est de 17,6 MeV. Quelle est l'énergie libérée par nucléon de matière participant à la réaction ?

Données utiles $m({}^{2}\mathrm{H}) = 2{,}01355$ u ; $m({}^{3}\mathrm{H}) = 3{,}01550$ u ; $m({}^{4}\mathrm{He}) = 4{,}00150$ u ; $m(\mathrm{n}) = 1{,}00866$ u ; énergie de masse de 1 u : 931,5 MeV

$\Delta m = m({}^{4}\mathrm{He}) + m(\mathrm{n}) - m({}^{2}\mathrm{H}) - m({}^{3}\mathrm{H})$

$\Delta m = 4{,}00150 + 1{,}00866 - 2{,}01355 - 3{,}01550 = -0{,}01889$ u

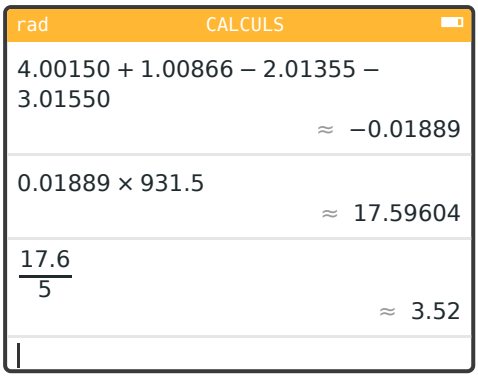
$E_{\text{lib}} = |\Delta m|\, c^2 = 0{,}01889 \times 931{,}5 = 17{,}6$ MeV : c'est la valeur annoncée.

Nucléons participant à la réaction : $2 + 3 = 5$, d'où $\dfrac{E_{\text{lib}}}{5} = \dfrac{17{,}6}{5} = 3{,}52$ MeV.

$E_{\text{lib}} = 17{,}6$ MeV (valeur attendue : 17,6 MeV), soit $3{,}52$ MeV par nucléon.

PIÈGE
Arrondir les masses avant la soustraction : la différence ne porte que sur les derniers chiffres, toutes les décimales du tableau sont nécessaires.

À LA CALCULATRICE



6 Partie II. Conclure sur l'intérêt du projet ITER : avantages de la fusion par rapport à la fission pour produire de l'électricité.

Données utiles fission : 0,763 MeV par nucléon (3.3) ; fusion : 3,52 MeV par nucléon (5)

- Énergie : $\frac{3{,}52}{0{,}763} \approx 4{,}6$. À masse de combustible égale, la fusion libère près de cinq fois plus d'énergie que la fission.
- Déchets : la fission laisse des produits très actifs, dont la demi-vie peut être très longue. La fusion en génère très peu, à 90 % de faible ou moyenne activité, et le tritium consommé a une demi-vie courte (15 ans).

La fusion fournirait davantage d'énergie par nucléon, avec des déchets moins abondants, moins actifs et de durée de vie plus courte : c'est l'intérêt du projet ITER.

MÉTHODE
Pour une question « conclure », s'appuyer sur les résultats chiffrés des deux parties et sur les informations du texte, puis terminer par une phrase qui répond à la question posée.

À LA CALCULATRICE

