Corrigé complet — Bac S 2009 Amérique du Nord (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Le hockey sur gazon** Deuxième loi de Newton · Mouvement rectiligne uniformément accéléré · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Équation de la trajectoire · Conservation de l'énergie mécanique	5 pts	1 h 05	16 questions	p. 2
Ex 2	**Pourquoi cuisiner dans des casseroles en cuivre?** Électrolyse · Réactions aux électrodes · Quantité d'électricité et constante de Faraday · Oxydoréduction et corrosion · Acide de Brønsted et pH	7 pts	1 h 31	20 questions	p. 7
Ex 3	**Spécialité : La harpe celtique** Ondes stationnaires sur une corde · Mode fondamental et harmoniques · Célérité, tension et masse linéique · Hauteur d'un son et spectre · Niveau sonore en décibels	4 pts	52 min	13 questions	p. 13
Ex 4	**Le plutonium** Composition d'un noyau et isotopie · Radioactivité alpha et rayonnement gamma · Lois de conservation · Fission nucléaire · Perte de masse et énergie libérée · Énergie de liaison par nucléon	4 pts	52 min	11 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.

Le hockey sur gazon

Bac S 2009 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 1 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Partie A (première phase). Énoncer la deuxième loi de Newton et l'appliquer à la balle lors de son trajet entre A et B.

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système de masse m constante est égale au produit de sa masse par le vecteur accélération de son centre d'inertie : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}_G$.

Système {balle}, référentiel terrestre supposé galiléen. Le poids et les actions de l'air étant négligés, la seule force est $\vec{F}$, exercée par la crosse.

$$\vec{F} = m\,\vec{a}_G$$

MÉTHODE
Toujours dans cet ordre : système, référentiel galiléen, bilan des forces, puis la loi. Un énoncé de loi sans la mention « référentiel galiléen » est incomplet.

1.2 Partie A. Que peut-on dire de la nature du mouvement de la balle entre A et B ?

D'après 1.1, $\vec{a}_G = \dfrac{\vec{F}}{m}$. La force $\vec{F}$ est constante et m aussi : le vecteur accélération est constant.

La balle part de A sans vitesse et $\vec{a}_G$ garde la direction de (AB) : la trajectoire est le segment AB et la vitesse augmente régulièrement.

Le mouvement de la balle est **rectiligne uniformément accéléré**.

PIÈGE
Répondre seulement « rectiligne » ou seulement « accéléré ». La nature d'un mouvement comporte deux mots : la forme de la trajectoire et l'évolution de la vitesse.

2.1 Partie A. Donner l'expression du vecteur accélération en fonction du vecteur vitesse.

Par définition, $\vec{a}_G = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$.

Ici $\vec{a}_G$ est constant, donc il est égal à la variation de vitesse divisée par la durée : $\vec{a}_G = \dfrac{\vec{v}_B - \vec{v}_A}{\Delta t}$, avec $\vec{v}_A = \vec{0}$.

$$\vec{a}_G = \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\vec{v}_B}{\Delta t}$$

2.2 Partie A. Calculer la valeur de l'accélération du centre d'inertie de la balle entre les points A et B.

Données utiles $v_B = 14\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$; $\Delta t = 0{,}11\ \mathrm{s}$

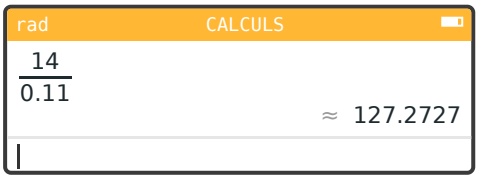
D'après 2.1, en valeur : $a_G = \dfrac{v_B}{\Delta t}$

$$a_G = \frac{14}{0{,}11} = 127\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$$

$$a_G = 1{,}3 \times 10^2\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$$

COMPRENDRE
Les données $(14\ ;\ 0{,}11)$ ont deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux, d'où l'écriture $1{,}3 \times 10^2$. On conserve la valeur non arrondie pour le calcul suivant.

À LA CALCULATRICE



3 Partie A. À l'aide des résultats de 1.1 et 2.2, calculer l'intensité de la force exercée sur la balle par la crosse. L'hypothèse concernant le poids de la balle est-elle justifiée ?

Données utiles $m = 160\ \text{g} = 0{,}160\ \text{kg}$; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $a_G = 127\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ (2.2)

D'après 1.1, en valeur : $F = m\,a_G = 0{,}160 \times 127 = 20$ N.

Poids de la balle : $P = m\,g = 0{,}160 \times 9{,}8 = 1{,}6$ N.

Comparaison : $\dfrac{F}{P} = \dfrac{a_G}{g} = \dfrac{127}{9{,}8} \approx 13$.

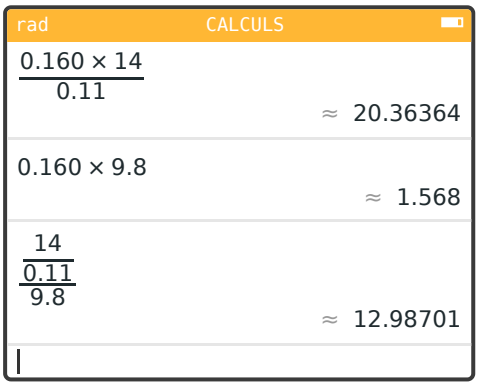
Le poids est 13 fois plus petit que F : il représente environ 8 % de cette force. Une force est habituellement négligée quand elle est au moins cent fois plus faible que l'autre.

$F = 20$ N et $P = 1{,}6$ N : $F \approx 13\,P$. L'hypothèse n'est pas vraiment justifiée, elle n'est acceptable qu'en première approximation.

PIÈGE
Laisser la masse en grammes : 160×127 donnerait une force mille fois trop grande. Dans $F = m\,a$, la masse est en kilogrammes.

MÉTHODE
Pour juger une hypothèse « on néglige… », calculer le rapport des deux grandeurs et conclure avec ce nombre, pas avec une impression.

À LA CALCULATRICE



1.1 Partie B (deuxième phase). Donner l'expression des coordonnées v_{Bx} et v_{Bz} du vecteur vitesse $\vec{v}_B$ à l'instant $t = 0$, en fonction de v_B et de α.

Le vecteur $\vec{v}_B$ fait l'angle α avec l'axe horizontal Ox et pointe vers le haut.

$v_{Bx} = v_B \cos\alpha$ et $v_{Bz} = v_B \sin\alpha$

MÉTHODE
Le cosinus va sur l'axe qui borde l'angle (ici Ox), le sinus sur l'autre. Les deux coordonnées sont positives car la balle part vers la droite et vers le haut.

1.2 Partie B. Donner l'expression des coordonnées x_B et z_B du vecteur $\overrightarrow{OB}$ au point B.

Le point B est à la verticale de l'origine O, à la hauteur $OB = h$.

$x_B = 0$ et $z_B = h$

1.3 Partie B. À partir des équations horaires de la vitesse, montrer que la valeur de la vitesse de la balle au sommet S de la trajectoire est $v_S = 12\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Données utiles $v_x = v_B\cos\alpha$; $v_z = v_B\sin\alpha - g\,t$; $v_B = 14\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\alpha = 30^\circ$

Au sommet S, la balle cesse de monter : le vecteur vitesse est horizontal, donc $v_{Sz} = 0$.

La coordonnée horizontale $v_x = v_B\cos\alpha$ ne dépend pas du temps : $v_{Sx} = v_B\cos\alpha$.

$$v_S = \sqrt{v_{Sx}^2 + v_{Sz}^2} = v_B\cos\alpha$$

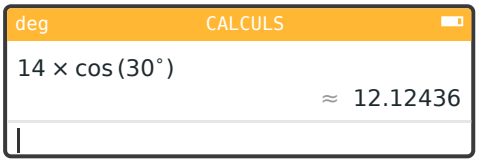
$$v_S = 14 \times \cos 30^\circ = 12{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v_S = v_B\cos\alpha = 12\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ avec deux chiffres significatifs : c'est la valeur attendue.

PIÈGE
Écrire que la vitesse est nulle au sommet. Seule la coordonnée verticale s'annule ; la balle continue d'avancer horizontalement.

PIÈGE
Calculatrice réglée en radians : $14 \times \cos(30)$ afficherait 2,16. Vérifier le mode degrés.

À LA CALCULATRICE



1.4 Partie B. Montrer que les coordonnées du vecteur position sont $x = (v_B\cos\alpha)\,t$ et $z = h + (v_B\sin\alpha)\,t - \frac{1}{2}g\,t^2$.

Par définition, $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$: les coordonnées de position sont des primitives de celles de la vitesse.

$$x(t) = (v_B\cos\alpha)\,t + C_1 \qquad z(t) = (v_B\sin\alpha)\,t - \frac{1}{2}g\,t^2 + C_2$$

Conditions initiales : à $t = 0$, G est en B, donc $x(0) = x_B = 0$ et $z(0) = z_B = h$ (1.2). On en tire $C_1 = 0$ et $C_2 = h$.

$x = (v_B\cos\alpha)\,t$ et $z = h + (v_B\sin\alpha)\,t - \frac{1}{2}g\,t^2$

PIÈGE
Oublier les constantes d'intégration, ou les poser nulles sans justification. Ici $C_2 = h$: la balle ne part pas de l'origine.

1.5 Partie B. En déduire l'équation de la trajectoire de la balle.

On élimine le temps. D'après l'expression de x : $t = \dfrac{x}{v_B\cos\alpha}$.

On reporte dans z :

$$z = h + v_B\sin\alpha \times \frac{x}{v_B\cos\alpha} - \frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_B\cos\alpha}\right)^2$$

$z = -\dfrac{g}{2\,v_B^2\cos^2\alpha}\,x^2 + (\tan\alpha)\,x + h$: la trajectoire est une portion de parabole.

COMPRENDRE
Le coefficient de x^2 est négatif : la parabole est tournée vers le bas, ce qui correspond bien à une balle qui monte puis redescend.

2.1 Partie B. Quelles conditions doivent satisfaire x et z pour que le but soit marqué ?

Données utiles $d = 15\ \text{m}$; $L = 2{,}14\ \text{m}$

La balle doit franchir la ligne de but en passant sous la barre, sans avoir touché le sol avant.

Pour $x = d$, il faut $0 \leqslant z \leqslant L$.

2.2 Partie B. Vérifier que ces conditions sont bien réalisées.

Données utiles $d = 15$ m ; $L = 2{,}14$ m ; $h = 0{,}40$ m ; $v_B = 14\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\alpha = 30^\circ$; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

On calcule l'altitude de la balle pour $x = d$ avec l'équation de la trajectoire (1.5) :

$$z(d) = h + d\tan\alpha - \frac{g}{2}\left(\frac{d}{v_B\cos\alpha}\right)^2$$

$$z(d) = 0{,}40 + 15\times\tan 30^\circ - \frac{9{,}8}{2}\times\left(\frac{15}{14\times\cos 30^\circ}\right)^2 = 1{,}6\ \text{m}$$

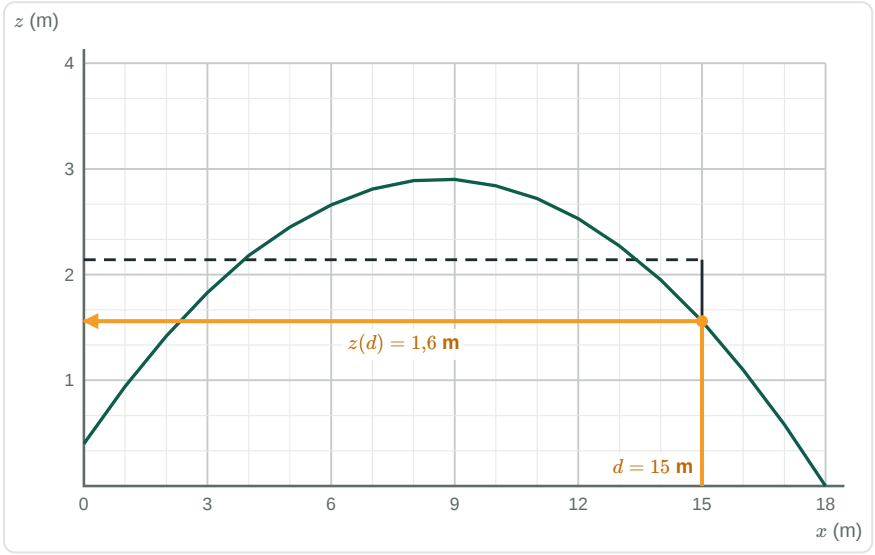
$z(d) = 1{,}6$ m, donc $0 \leqslant z(d) \leqslant 2{,}14$ m : le but est marqué.

PIÈGE
Utiliser $v_S = 12\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ arrondi à la place de $v_B\cos\alpha$: on trouve $1{,}4$ m. La conclusion reste la même, mais la valeur est moins précise.

À LA CALCULATRICE

deg CALCULS

$0.40 + 15 \times \tan(30°) - \frac{9.8}{2} \times \left(\frac{15}{14 \times \cos(30°)}\right)^2 \approx 1.560254$



2.2 · Trajectoire de la balle et passage dans le but

1 Partie C (étude énergétique). Donner l'expression littérale de l'énergie potentielle de pesanteur E_P puis celle de l'énergie mécanique E_M de la balle en fonction de g, m, v et z.

L'axe Oz est orienté vers le haut et $E_P = 0$ pour $z = 0$: $E_P = m\,g\,z$.

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle : $E_M = E_C + E_P$.

$E_P = m\,g\,z$ et $E_M = \frac{1}{2}m\,v^2 + m\,g\,z$

2 Partie C. Calculer l'énergie mécanique $E_M(B)$ de la balle au point B.

Données utiles $m = 0{,}160$ kg ; $v_B = 14\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $h = 0{,}40$ m ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Au point B, $v = v_B$ et $z = h$:

$$E_M(B) = \frac{1}{2}m\,v_B^2 + m\,g\,h = \frac{1}{2}\times 0{,}160\times 14^2 + 0{,}160\times 9{,}8\times 0{,}40$$

$E_M(B) = 15{,}7 + 0{,}63 = 16{,}3$ J

$E_M(B) = 16$ J

PIÈGE
Oublier le carré de la vitesse, ou garder la masse en grammes. L'énergie n'est en joules que si m est en kg, v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et z en m.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.5 \times 0.160 \times 14^2 + 0.160 \times 9.8 \times 0.40 \approx 16.3072$

3.1 Partie C. Les actions de l'air étant négligées, que peut-on dire de la valeur de l'énergie mécanique E_M de la balle au cours de son mouvement ?

Après B, la balle n'est soumise qu'à son poids, qui est une force conservative : aucune force ne dissipe d'énergie.

L'énergie mécanique se conserve : $E_M = E_M(B) = 16$ J tout au long du mouvement.

3.2 Partie C. Exprimer l'altitude maximale z_{max} que pourrait atteindre la balle au point S, en fonction de E_M, v_S, m et g. Calculer la valeur de z_{max}.

Données utiles $E_M = 16{,}3$ J (question 2, valeur non arrondie) ; $v_S = 12\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $m = 0{,}160$ kg ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Au sommet S : $E_M = \frac{1}{2} m v_S^2 + m g z_{max}$, donc $m g z_{max} = E_M - \frac{1}{2} m v_S^2$.

$$z_{max} = \frac{1}{g}\left(\frac{E_M}{m} - \frac{v_S^2}{2}\right)$$

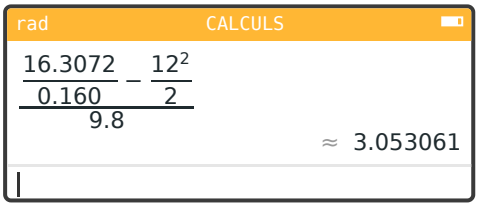
$$z_{max} = \frac{1}{9{,}8} \times \left(\frac{16{,}3}{0{,}160} - \frac{12^2}{2}\right) = 3{,}1\ \text{m}$$

$$\boxed{z_{max} = \frac{1}{g}\left(\frac{E_M}{m} - \frac{v_S^2}{2}\right) = 3{,}1\ \text{m}}$$

COMPRENDRE

Le résultat vient d'une différence de deux nombres proches (102 et 72) : il est très sensible aux arrondis. Avec $E_M = 16$ J on obtient 2,9 m, et avec $v_S = 12{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ aussi.

À LA CALCULATRICE



Pourquoi cuisiner dans des casseroles en cuivre?

Bac S 2009 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.1 Partie A. Indiquer sur le schéma de l'annexe le sens du courant électrique, ainsi que le sens de circulation des porteurs de charge dans les conducteurs métalliques et dans la solution.

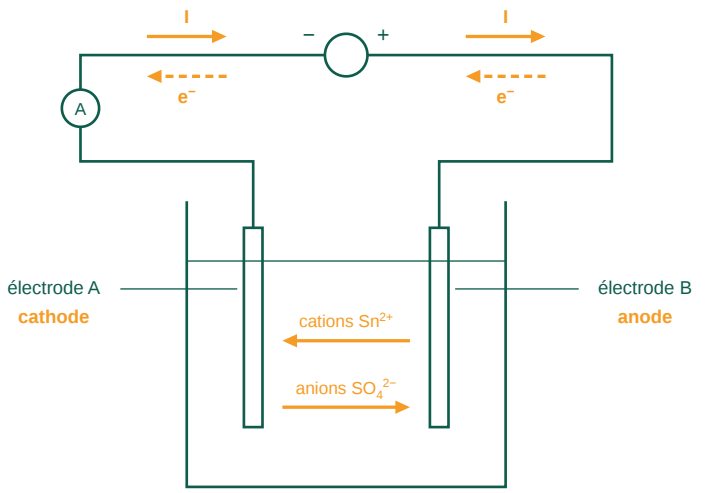
À l'extérieur du générateur, le courant I circule de la borne $+$ vers la borne $-$: il entre dans la solution par l'électrode B et en sort par l'électrode A.

Dans les fils et les électrodes, les porteurs de charge sont les électrons : ils circulent en sens inverse du courant, de la borne $-$ vers A et de B vers la borne $+$.

Dans la solution, les porteurs de charge sont les ions : les cations Sn^{2+} se déplacent dans le sens du courant (vers A), les anions SO_4^{2-} en sens inverse (vers B).

Courant de $+$ vers $-$ par le circuit ; électrons en sens inverse ; cations vers A, anions vers B.

PIÈGE
Dessiner des électrons qui traversent la solution. Aucun électron libre ne circule dans l'électrolyte : seuls les ions y assurent le passage du courant.



1.1 · Annexe complétée : courant I, électrons dans les fils, ions dans la solution

1.2 L'électrolyse est-elle une transformation spontanée ? Justifier.

Non. La transformation ne se produit que si le générateur impose le passage du courant : il fournit l'énergie électrique nécessaire. Si on retire le générateur, il ne se passe rien.

L'électrolyse est une transformation forcée, non spontanée.

COMPRENDRE
C'est l'inverse d'une pile : la pile convertit de l'énergie chimique en énergie électrique lors d'une transformation spontanée, l'électrolyseur reçoit de l'énergie électrique pour forcer une transformation.

2.1 La réaction à l'électrode A, reliée à la borne négative du générateur, est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier. En déduire le nom de chaque électrode.

La borne $-$ du générateur envoie des électrons vers l'électrode A. Ces électrons sont consommés à la surface de A par une espèce de la solution : gagner des électrons, c'est subir une **réduction**.

L'électrode où a lieu la réduction est la cathode. À l'électrode B, des électrons sont cédés puis repartent vers la borne $+$: il s'y produit une oxydation, B est l'anode.

Réduction en A : A est la cathode ; oxydation en B : B est l'anode.

MÉTHODE
Valable pour une pile comme pour une électrolyse : cathode = réduction, anode = oxydation. On repère d'abord le sens des électrons, on en déduit la réaction, puis le nom de l'électrode.

2.2 Écrire l'équation de la réaction à l'électrode A. Le récipient à recouvrir doit-il constituer cette électrode ? Justifier.

Données utiles couple $\mathrm{Sn^{2+}(aq)\ /\ Sn(s)}$

À la cathode A, l'oxydant du couple, $\mathrm{Sn^{2+}}$, est réduit :

$$\mathrm{Sn^{2+}(aq) + 2\,e^- = Sn(s)}$$

L'étain solide se forme donc à la surface de l'électrode A. Pour que le métal se dépose sur le récipient, celui-ci doit bien être l'électrode A.

$\mathrm{Sn^{2+}(aq) + 2\,e^- = Sn(s)}$; oui, le récipient à étamer est l'électrode A (cathode).

2.3 Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'autre électrode (B).

L'anode B est en étain pur. Le solvant n'intervenant pas, c'est le métal de l'électrode qui est oxydé :

$\mathrm{Sn(s) = Sn^{2+}(aq) + 2\,e^-}$

COMPRENDRE
L'électrode B se consomme peu à peu : on parle d'électrolyse à anode soluble.

2.4 En déduire l'équation de la réaction globale de l'électrolyse. Comment évolue la concentration en ions $\mathrm{Sn^{2+}(aq)}$ dans la solution ?

On additionne les deux demi-équations (deux électrons échangés de chaque côté) :

$$\mathrm{Sn(s)_B + Sn^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + Sn(s)_A}$$

Chaque fois qu'un ion $\mathrm{Sn^{2+}}$ est consommé à la cathode, un ion $\mathrm{Sn^{2+}}$ est formé à l'anode.

Bilan : transfert d'étain de B vers A ; la concentration en $\mathrm{Sn^{2+}}$ reste constante.

PIÈGE
Simplifier l'équation jusqu'à ne plus rien écrire. Il faut distinguer l'étain de l'électrode B (qui disparaît) de celui déposé sur A.

3.1 Donner l'expression de la quantité d'électricité Q qui a traversé le circuit au cours de l'électrolyse.

Données utiles $I = 0{,}250$ A, constante pendant la durée Δt

L'intensité est constante :

$Q = I \times \Delta t$, avec Q en coulombs, I en ampères et Δt en secondes.

3.2 Établir la relation entre la quantité d'électrons $n(\mathrm{e}^-)$ échangée et la quantité d'étain déposé sur le récipient.

D'après la demi-équation à la cathode, $\mathrm{Sn}^{2+}(\mathrm{aq}) + 2\,\mathrm{e}^- = \mathrm{Sn}(\mathrm{s})$, le dépôt d'une mole d'étain consomme deux moles d'électrons.

$$n(\mathrm{e}^-) = 2\,n_{\mathrm{Sn}}$$

PIÈGE
Écrire $n_{\mathrm{Sn}} = 2\,n(\mathrm{e}^-)$. Vérifier avec une phrase : il faut deux fois plus d'électrons que d'atomes d'étain déposés.

3.3 Donner la relation entre la quantité d'électricité Q et la quantité d'électrons $n(\mathrm{e}^-)$ échangés aux électrodes.

Données utiles $F = 9{,}65 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$

La constante de Faraday F est la valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons :

$$Q = n(\mathrm{e}^-) \times F$$

3.4 Montrer que la durée de l'électrolyse s'exprime, en fonction de la masse m_{Sn} déposée, par $\Delta t = \dfrac{2\,m_{\mathrm{Sn}}\,F}{I\,M_{\mathrm{Sn}}}$.

On égale les deux expressions de Q (3.1 et 3.3) : $I\,\Delta t = n(\mathrm{e}^-)\,F$.

Avec $n(\mathrm{e}^-) = 2\,n_{\mathrm{Sn}}$ (3.2) et $n_{\mathrm{Sn}} = \dfrac{m_{\mathrm{Sn}}}{M_{\mathrm{Sn}}}$:

$$I\,\Delta t = \frac{2\,m_{\mathrm{Sn}}}{M_{\mathrm{Sn}}}\,F$$

$\Delta t = \dfrac{2\,m_{\mathrm{Sn}}\,F}{I\,M_{\mathrm{Sn}}}$, qui est bien la relation attendue.

4.1 Calculer en $\mathrm{cm^3}$ le volume V d'étain nécessaire pour étamer la casserole.

Données utiles $D = 15$ cm ; $H = 7{,}0$ cm ; $e = 20\ \mu\mathrm{m}$; $V = S\,e$ avec $S = \dfrac{\pi D^2}{2} + 2\pi DH$

Conversion de l'épaisseur : $e = 20 \times 10^{-6}\ \mathrm{m} = 20 \times 10^{-4}\ \mathrm{cm}$.

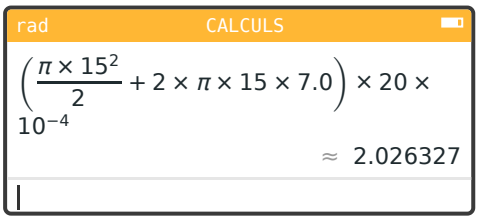
$$V = \left(\frac{\pi D^2}{2} + 2\pi DH\right) e = \left(\frac{\pi \times 15^2}{2} + 2\pi \times 15 \times 7{,}0\right) \times 20 \times 10^{-4}$$

$V = 2{,}0\ \mathrm{cm^3}$

PIÈGE
Laisser e en micromètres ou en mètres alors que D et H sont en centimètres : $1\ \mu\mathrm{m} = 10^{-4}$ cm.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les données D, H et e. On garde la valeur non arrondie ($2{,}026\ \mathrm{cm^3}$) pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE



4.2 Calculer la masse d'étain nécessaire.

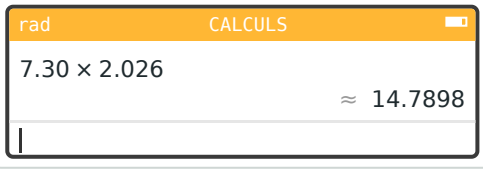
Données utiles $\rho = 7{,}30\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}}$; $V = 2{,}026\ \mathrm{cm^3}$ (4.1)

$\rho = \dfrac{m_{\mathrm{Sn}}}{V}$, donc $m_{\mathrm{Sn}} = \rho \times V$.

$m_{\mathrm{Sn}} = 7{,}30 \times 2{,}026 = 14{,}8$ g, à arrondir à deux chiffres significatifs comme V.

$m_{\mathrm{Sn}} \approx 15$ g

À LA CALCULATRICE



4.3 À l'aide de l'expression de la question 3.4, calculer la durée minimale de l'électrolyse pour réaliser ce dépôt.

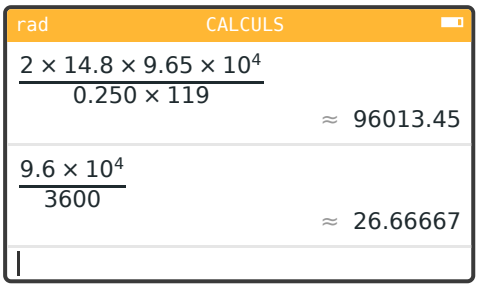
Données utiles $m_{Sn} = 14{,}8$ g (4.2) ; $M(\mathrm{Sn}) = 119\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $F = 9{,}65 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$; $I = 0{,}250$ A

$$\Delta t = \frac{2\, m_{Sn}\, F}{I\, M_{Sn}} = \frac{2 \times 14{,}8 \times 9{,}65 \times 10^4}{0{,}250 \times 119} = 9{,}6 \times 10^4\ \mathrm{s}$$

$\Delta t \approx 9{,}6 \times 10^4$ s, soit environ 27 h.

COMPRENDRE
Durée minimale, car on suppose que tous les électrons servent à réduire Sn^{2+}. Si une autre réaction se produit à la cathode, il faut plus de temps.

À LA CALCULATRICE



1.1 Partie B. Donner la demi-équation électronique associée au couple $O_2\,(g)$ / $H_2O\,(l)$.

On équilibre l'oxygène avec H_2O, l'hydrogène avec H^+, puis les charges avec des électrons :

$O_2\,(g) + 4\,H^+\,(aq) + 4\,e^- = 2\,H_2O\,(l)$

1.2 En déduire l'équation de la réaction globale de la formation de la rouille.

Données utiles $2\,Fe\,(s) + 4\,H_2O\,(l) = (Fe_2O_3{,}H_2O)\,(s) + 6\,H^+ + 6\,e^-$

Le fer est oxydé et le dioxygène est réduit. Il faut autant d'électrons cédés que captés : 12, soit l'oxydation $\times 2$ et la réduction $\times 3$.

$4\,Fe\,(s) + 8\,H_2O\,(l) = 2\,(Fe_2O_3{,}H_2O)\,(s) + 12\,H^+ + 12\,e^-$

$3\,O_2\,(g) + 12\,H^+ + 12\,e^- = 6\,H_2O\,(l)$

On additionne, puis on simplifie les H^+ et $6\,H_2O$:

$4\,Fe\,(s) + 3\,O_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) \longrightarrow 2\,(Fe_2O_3{,}H_2O)\,(s)$

MÉTHODE
Après addition, vérifier la conservation de chaque élément (Fe : 4 ; O : 8 ; H : 4 de chaque côté) et qu'il ne reste plus aucun électron.

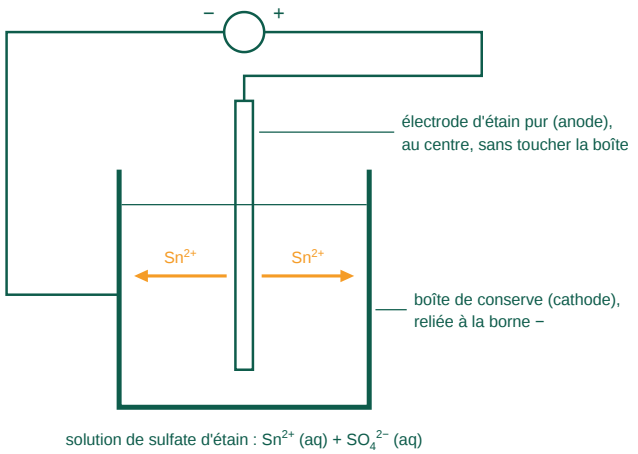
1.3 Par analogie avec l'étamage du cuivre, proposer un schéma d'électrolyse d'une boîte de conserve, pour que le dépôt d'étain soit uniforme sur la face interne de la boîte.

La boîte doit être la cathode : on la relie à la borne $-$ du générateur. On la remplit de la solution de sulfate d'étain et on plonge en son centre, sans contact avec la paroi, une électrode d'étain pur reliée à la borne $+$ (anode).

L'anode étant à égale distance de toute la paroi latérale, le dépôt est régulier sur la face interne.

Boîte reliée à la borne $-$ (cathode), tige d'étain centrale reliée à la borne $+$ (anode), solution de sulfate d'étain dans la boîte.

PIÈGE
Laisser l'électrode d'étain toucher la boîte : il y aurait court-circuit et aucun dépôt.



1.3 · Étamage de la face interne d'une boîte de conserve

2.1 Définir un acide selon Brønsted.

Un acide est une espèce chimique capable de céder un ion hydrogène H^+ (un proton).

2.2 Écrire la réaction d'un acide $\mathrm{AH\,(aq)}$ avec l'eau.

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

$$\mathrm{AH\,(aq) + H_2O\,(l) = A^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)}$$

2.3 Le pH d'un jus d'orange vaut $\mathrm{pH_1 = 3{,}0}$. En déduire la concentration en ions oxonium $\mathrm{H_3O^+\,(aq)}$ dans ce jus.

$[\mathrm{H_3O^+}]_1 = c^\circ \times 10^{-\mathrm{pH_1}}$ avec $c^\circ = 1\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

$[\mathrm{H_3O^+}]_1 = 10^{-3{,}0}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

$$[\mathrm{H_3O^+}]_1 = 1{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

COMPRENDRE
Un pH donné avec un chiffre après la virgule conduit à une concentration à deux chiffres significatifs.

2.4 Le pH d'un lait vaut $\mathrm{pH}_2 = 6{,}7$. Pour lequel des deux ingrédients l'aluminium est-il théoriquement le moins recommandé ?

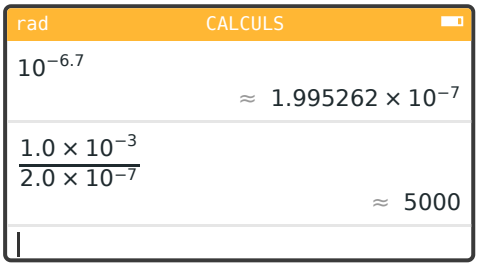
Données utiles $\mathrm{pH}_1 = 3{,}0$ (jus d'orange) ; l'aluminium est très réactif vis-à-vis des acides et des bases

Le lait a un pH proche de 7 : il est presque neutre, $[\mathrm{H_3O^+}]_2 = 10^{-6{,}7} = 2{,}0 \times 10^{-7}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Le jus d'orange est nettement acide : il contient environ 5×10^3 fois plus d'ions oxonium que le lait. C'est lui qui attaquerait le plus l'aluminium.

L'aluminium est théoriquement le moins recommandé pour le jus d'orange.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : La harpe celtique

Bac S 2009 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Quelles sont les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique pour produire un son ?

Un instrument de musique doit :

- **vibrer** : une partie de l'instrument (l'excitateur) entre en vibration ;
- **émettre** : cette vibration est communiquée à l'air environnant, où elle se propage sous forme d'onde sonore.

Deux fonctions : vibrer et émettre.

1.2 Parmi les éléments qui constituent la harpe, lesquels assurent ces deux fonctions ?

Les **cordes**, pincées par le musicien, assurent la fonction « vibrer ».

Une corde seule met très peu d'air en mouvement : le son qu'elle produit est à peine audible. Elle transmet sa vibration à la **caisse de résonance**, dont la grande surface fait vibrer l'air efficacement : la caisse assure la fonction « émettre ».

Vibrer : les cordes ; émettre : la caisse de résonance.

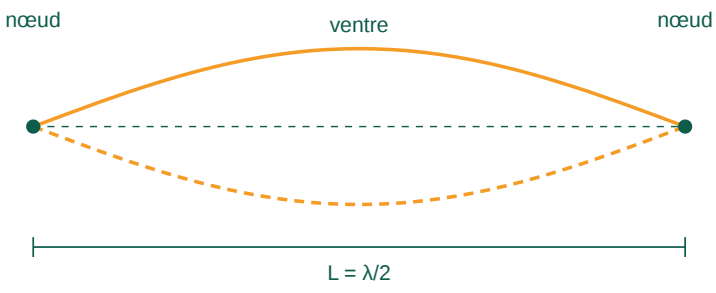
PIÈGE
Les palettes et les chevilles ne produisent pas le son : elles servent seulement à régler la longueur ou la tension des cordes.

2.1 Représenter l'allure de la corde « la3 » lorsqu'elle vibre dans le mode fondamental.

La corde est fixée à ses deux extrémités : ce sont deux nœuds de vibration. Dans le mode fondamental, il n'y a qu'un seul ventre, au milieu de la corde.

La corde forme un seul fuseau.

COMPRENDRE
Le mode de rang n présente n fuseaux. Le fondamental ($n = 1$) est le mode de plus basse fréquence.



2.1 · Mode fondamental : un seul fuseau entre les deux extrémités fixes (positions extrêmes de la corde)

2.2 En déduire, pour ce mode, la relation entre la longueur L de la corde et la longueur d'onde λ.

Deux nœuds consécutifs sont séparés d'une demi-longueur d'onde : un fuseau a pour longueur $\frac{\lambda}{2}$.

Dans le mode fondamental, la corde porte un seul fuseau, donc :

$L = \frac{\lambda}{2}$, soit $\lambda = 2L$

MÉTHODE
Pour le mode de rang n, la corde porte n fuseaux : $L = n\,\frac{\lambda}{2}$. Il suffit de compter les fuseaux sur le schéma.

2.3 Établir la relation liant la fréquence f du fondamental et la célérité v de l'onde sur la corde.

Données utiles $\lambda = 2L$ (2.2)

La longueur d'onde, la célérité et la fréquence sont liées par $\lambda = \dfrac{v}{f}$.

Avec $\lambda = 2L$: $\quad 2L = \dfrac{v}{f}$

$$\boxed{f = \frac{v}{2L}}$$

2.4 En déduire la valeur de la célérité de l'onde se propageant sur la corde.

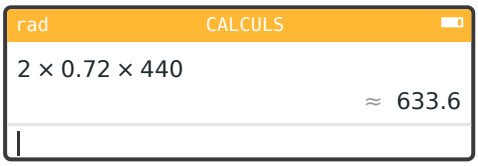
Données utiles $L = 72$ cm $= 0{,}72$ m ; $f = 440$ Hz (la3) ; $f = \dfrac{v}{2L}$ (2.3)

On isole la célérité : $v = 2\,L\,f$

$$v = 2 \times 0{,}72 \times 440 = 6{,}3 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\boxed{v = 6{,}3 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Laisser L en centimètres : on trouverait une célérité cent fois trop grande. Il faut $L = 0{,}72$ m.

COMPRENDRE
L est donnée avec deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux. C'est la célérité de l'onde le long de la corde, pas celle du son dans l'air.

2.5 Quelle devrait être la longueur L_1 d'une corde de même nature, utilisée dans les mêmes conditions, pour émettre le son « la1 » ? Une telle longueur est-elle envisageable ?

Données utiles $f_1 = 110$ Hz (la1) ; $f = 440$ Hz ; $L = 0{,}72$ m

Même corde (même μ) et mêmes conditions (même tension T) : la célérité $v = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$ est inchangée.

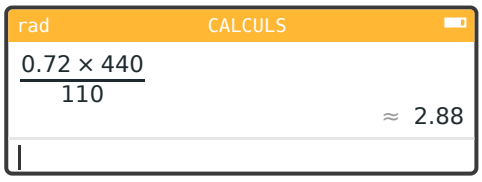
Pour le la1 : $f_1 = \dfrac{v}{2L_1}$, donc $L_1 = \dfrac{v}{2f_1}$. Comme $v = 2\,L\,f$:

$$L_1 = L \times \frac{f}{f_1} = 0{,}72 \times \frac{440}{110} = 2{,}9 \text{ m}$$

$L_1 = 2{,}9$ m : cette longueur n'est pas envisageable, l'instrument serait bien trop haut pour être joué et transporté.

MÉTHODE
À célérité fixée, le produit $L \times f$ est constant : une fréquence divisée par 4 impose une longueur multipliée par 4. Le rapport évite de réutiliser la valeur arrondie de v.

À LA CALCULATRICE



2.6 Sur quels paramètres peut-on agir, et dans quel sens, pour obtenir le son « la1 » avec une corde de longueur proche de 72 cm ?

D'après 2.3 et la relation donnée : $f = \dfrac{v}{2L} = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{T}{\mu}}$.

À longueur L fixée, il faut abaisser la fréquence de 440 Hz à 110 Hz, donc diminuer la célérité v. Deux possibilités :

- **diminuer la tension** T de la corde ;
- **augmenter la masse linéique** μ, en choisissant une corde plus lourde par unité de longueur (plus grosse ou d'un matériau plus dense).

Diminuer T ou augmenter μ.

COMPRENDRE
La fréquence doit être divisée par 4, donc $\dfrac{T}{\mu}$ par 16. Une corde trop détendue sonne mal : en pratique, les cordes graves sont surtout plus lourdes.

2.7 Si le musicien soulève la palette de l'une des cordes, le son émis sera-t-il plus grave ou plus aigu ? Justifier.

Soulever la palette raccourcit la corde de quelques centimètres : L diminue.

La corde et sa tension ne changent pas, donc v reste la même.

Comme $f = \dfrac{v}{2L}$, la fréquence du fondamental augmente quand L diminue.

Le son émis est plus aigu.

PIÈGE
Répondre « plus aigu » sans s'appuyer sur $f = \dfrac{v}{2L}$ et sans préciser que v est inchangée : la justification est demandée.

3.1 Le musicien joue un « do2 » (spectre n°1). Quelle est la hauteur du son émis ?

La hauteur d'un son est la fréquence de son fondamental, c'est-à-dire la plus petite fréquence présente dans le spectre.

Sur le spectre n°1, le premier pic est à 130 Hz.

Hauteur du do2 : $f_1 = 130$ Hz

PIÈGE
Le fondamental n'est pas toujours le pic le plus haut : on lit le pic de plus basse fréquence, pas celui de plus grande amplitude.

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques relevaient de l'enseignement de spécialité du Bac S. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale.

3.2 À quoi correspondent les différentes fréquences obtenues ? Par quelle(s) relation(s) sont-elles liées ?

Le pic à 130 Hz est le fondamental. Les autres pics sont les **harmoniques** : ils correspondent aux modes propres de vibration de la corde de rang supérieur à 1.

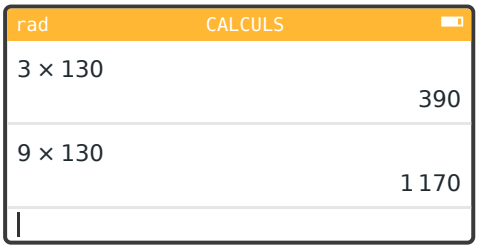
Leurs fréquences sont des multiples entiers de celle du fondamental : $f_n = n\,f_1$, avec n entier.

Vérification sur le spectre n°1 : $390 = 3 \times 130$; $650 = 5 \times 130$; $1170 = 9 \times 130$.

Ce sont les harmoniques : $f_n = n \times f_1$

COMPRENDRE
Le spectre contient neuf pics régulièrement espacés de 130 Hz. Leurs amplitudes relatives déterminent le timbre du son, pas sa hauteur.

À LA CALCULATRICE



4.1 Choisir, entre do2-do3 et do2-ré2, l'ensemble de notes à jouer pour obtenir un intervalle consonant. Justifier à l'aide des spectres.

Deux notes sont consonantes si elles ont des harmoniques en commun.

- do2 : pics à 130, 260, 390, 520, 650, 780, 910, 1040 et 1170 Hz.
- do3 : pics à 260, 520 et 780 Hz. Ces trois fréquences figurent toutes dans le spectre du do2.
- ré2 : pics à 147, 294, 441 et 588 Hz. Aucune de ces fréquences ne figure dans le spectre du do2.

Le musicien doit jouer do2-do3 : c'est l'intervalle consonant.

COMPRENDRE
Le fondamental du do3 (260 Hz) vaut le double de celui du do2 (130 Hz) : les deux notes sont séparées d'une octave, et tous les harmoniques du do3 sont aussi des harmoniques du do2.

4.2 Si deux notes sont jouées simultanément avec la même intensité sonore, le niveau sonore double-t-il ?

Données utiles $L = 10\log\dfrac{I}{I_0}$

Les intensités sonores s'ajoutent : pour deux notes de même intensité I, l'intensité totale est $I' = 2I$.

Le niveau sonore devient :

$$L' = 10\log\frac{2I}{I_0} = 10\log 2 + 10\log\frac{I}{I_0} = L + 10\log 2$$

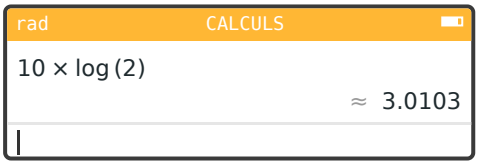
Or $10\log 2 = 3{,}0$ dB.

$L' = L + 3$ dB : le niveau sonore ne double pas, il augmente seulement de 3 dB.

PIÈGE
Ce sont les intensités sonores I qui s'additionnent, jamais les niveaux en décibels. Écrire $L' = 2L$ est l'erreur classique.

MÉTHODE
Utiliser $\log(a \times b) = \log a + \log b$. Chaque doublement de l'intensité ajoute 3 dB ; une intensité multipliée par 10 ajoute 10 dB.

À LA CALCULATRICE



Le plutonium

Bac S 2009 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Sachant que $Z = 94$ pour le plutonium, donner la composition des noyaux de plutonium 238 et 239.

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

Plutonium 238 : 94 protons et $238 - 94 = 144$ neutrons.

Plutonium 239 : 94 protons et $239 - 94 = 145$ neutrons.

${}^{238}_{94}\mathrm{Pu}$: 94 protons, 144 neutrons ; ${}^{239}_{94}\mathrm{Pu}$: 94 protons, 145 neutrons.

PIÈGE
Le nombre 238 ou 239 est le nombre de nucléons A, pas le nombre de neutrons. On ne parle pas d'électrons : la question porte sur le noyau.

1.2 Définir l'isotopie.

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.

COMPRENDRE
Les plutoniums 238, 239 et 241 de la carte d'identité ont tous 94 protons : seul le nombre de neutrons change (144, 145, 147).

1.3 Quelle est la nature d'une « particule alpha » ?

Une particule alpha est un noyau d'hélium 4, noté ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$: 2 protons et 2 neutrons.

PIÈGE
Répondre « un atome d'hélium » : la particule α est un noyau, sans électrons, donc chargé positivement.

1.4 En précisant les lois de conservation utilisées, écrire l'équation de la désintégration du plutonium 238 quand le noyau fils est émis dans un état excité.

Données utiles ${}_{92}\mathrm{U}$; ${}_{93}\mathrm{Np}$; ${}_{94}\mathrm{Pu}$; ${}_{95}\mathrm{Am}$; ${}_{96}\mathrm{Cm}$

D'après la carte d'identité, le plutonium 238 est émetteur alpha : ${}^{238}_{94}\mathrm{Pu} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{A}_{Z}\mathrm{Y}^{*}$

Conservation du nombre de nucléons : $238 = 4 + A$, donc $A = 234$.

Conservation du nombre de charge : $94 = 2 + Z$, donc $Z = 92$: le noyau fils est un noyau d'uranium.

${}^{238}_{94}\mathrm{Pu} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{234}_{92}\mathrm{U}^{*}$

PIÈGE
Oublier l'astérisque : il indique que le noyau fils est excité, ce que demande explicitement l'énoncé.

MÉTHODE
Désintégration : écrire le noyau père à gauche, la particule émise et un noyau fils inconnu à droite, appliquer les deux lois de conservation (lois de Soddy), puis lire le symbole du noyau fils dans la classification.

1.5 Pourquoi y a-t-il émission d'un rayonnement gamma ?

Le noyau fils est formé dans un état excité : il possède un excès d'énergie. Il revient à son état fondamental en cédant cette énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique de très courte longueur d'onde : ${}^{234}_{92}\mathrm{U}^{*} \longrightarrow {}^{234}_{92}\mathrm{U} + \gamma$

Le rayonnement γ accompagne la désexcitation du noyau fils d'uranium 234.

COMPRENDRE
La désexcitation ne modifie ni A ni Z : le photon γ n'a ni nucléon ni charge, le noyau reste de l'uranium 234.

1.6 De quelle réaction parle-t-on dans le commentaire de la carte d'identité ? La définir.

« Matières fissiles » : les noyaux de plutonium 239 et 241 peuvent subir une fission.

La fission est une réaction nucléaire provoquée : un noyau lourd, percuté par un neutron, se partage en deux noyaux plus légers, en émettant des neutrons et en libérant de l'énergie.

PIÈGE
Confondre fission (un noyau lourd se casse) et fusion (deux noyaux légers s'assemblent), ou la présenter comme spontanée : ici elle est déclenchée par un neutron.

2.1 Donner l'expression de la perte de masse du système au cours de la réaction (1). Calculer sa valeur en kilogramme.

Données utiles $m(^{239}\text{Pu}) = 239{,}0530$ u ; $m(^{135}\text{Te}) = 134{,}9167$ u ; $m(^{102}\text{Mo}) = 101{,}9103$ u ; $m(\text{n}) = 1{,}0089$ u ; $1\text{ u} = 1{,}66043 \times 10^{-27}$ kg

Perte de masse = masse des réactifs − masse des produits :

$$|\Delta m| = [m(\text{Pu}) + m(\text{n})] - [m(\text{Te}) + m(\text{Mo}) + 3\,m(\text{n})]$$

soit, un neutron se simplifiant de chaque côté :

$$|\Delta m| = m(\text{Pu}) - m(\text{Te}) - m(\text{Mo}) - 2\,m(\text{n})$$

$$|\Delta m| = 239{,}0530 - 134{,}9167 - 101{,}9103 - 2 \times 1{,}0089 = 0{,}2082\text{ u}$$

$$|\Delta m| = 0{,}2082 \times 1{,}66043 \times 10^{-27}$$

$$\boxed{|\Delta m| = 3{,}457 \times 10^{-28}\text{ kg}}$$

PIÈGE
Compter trois neutrons à droite et oublier celui de gauche : il ne reste que deux neutrons dans le bilan. Ne pas arrondir les masses avant de soustraire.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : la soustraction ne conserve que quatre chiffres (0,2082 u), le résultat en kilogramme en garde donc quatre. La variation de masse $\Delta m = m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}$ est négative ; la « perte » en est la valeur absolue.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

239.0530 − 134.9167 − 101.9103 − 2 × 1.0089
≈ 0.2082

0.2082 × 1.66043 × 10^−27
≈ 3.457015 × 10^−28

2.2 Donner l'expression de l'énergie libérée par l'action d'un neutron sur un noyau de plutonium. Calculer sa valeur en MeV.

Données utiles $|\Delta m| = 0{,}2082\text{ u} = 3{,}457 \times 10^{-28}$ kg (2.1) ; $c = 2{,}9979 \times 10^{8}\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $1\text{ MeV} = 1{,}6022 \times 10^{-13}$ J

Relation d'équivalence masse-énergie : $E_{\text{lib}} = |\Delta m| \times c^2$, avec $|\Delta m|$ en kg et E_{lib} en J.

$$E_{\text{lib}} = 3{,}457 \times 10^{-28} \times (2{,}9979 \times 10^{8})^2 = 3{,}107 \times 10^{-11}\text{ J}$$

$$E_{\text{lib}} = \frac{3{,}107 \times 10^{-11}}{1{,}6022 \times 10^{-13}}$$

$$\boxed{E_{\text{lib}} = 193{,}9\text{ MeV}}$$

PIÈGE
Oublier le carré de c, ou convertir en MeV en multipliant : on divise l'énergie en joule par $1{,}6022 \times 10^{-13}$.

COMPRENDRE
L'énergie libérée est comptée positivement : c'est celle que reçoit le milieu extérieur. La variation d'énergie du système, $\Delta m \times c^2$, vaut $-193{,}9$ MeV.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.2082 × 1.66043 × 10^−27 × (2.9979 × 10^8)^2
≈ 3.106959 × 10^−11

(0.2082 × 1.66043 × 10^−27 × (2.9979 × 10^8)^2) / (1.6022 × 10^−13)
≈ 193.9183

3.1 À partir des énergies de liaison des trois noyaux, donner l'expression de l'énergie libérée lors de la réaction (1). La calculer et comparer à la valeur trouvée en 2.2.

Données utiles $E_\ell(^{239}\text{Pu}) = 1{,}79 \times 10^3$ MeV ; $E_\ell(^{135}\text{Te}) = 1{,}12 \times 10^3$ MeV ; $E_\ell(^{102}\text{Mo}) = 8{,}64 \times 10^2$ MeV ; $E_{\text{lib}} = 193{,}9$ MeV (2.2)

Les neutrons libres n'ont pas d'énergie de liaison. L'énergie libérée est la différence entre les énergies de liaison des produits et celle du réactif :

$$E_{\text{lib}} = E_\ell(\text{Te}) + E_\ell(\text{Mo}) - E_\ell(\text{Pu})$$

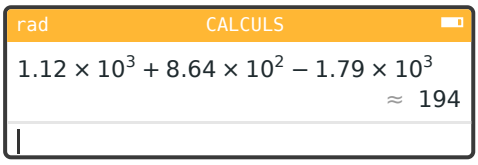
$$E_{\text{lib}} = 1{,}12 \times 10^3 + 8{,}64 \times 10^2 - 1{,}79 \times 10^3$$

$E_{\text{lib}} = 194$ MeV : valeur en accord avec celle de 2.2 (193,9 MeV).

PIÈGE
Inverser l'ordre : avec les masses on écrit réactifs − produits, avec les énergies de liaison c'est produits − réactifs, car un noyau plus lié est un noyau plus léger.

COMPRENDRE
Les énergies de liaison ne sont données qu'à la dizaine de MeV près : l'accord avec 2.2 est aussi bon que les données le permettent.

À LA CALCULATRICE



3.2 Calculer l'énergie de liaison par nucléon de chacun des noyaux. Comparer la stabilité de ces trois noyaux.

Données utiles $E_\ell(^{239}\text{Pu}) = 1{,}79 \times 10^3$ MeV ; $E_\ell(^{135}\text{Te}) = 1{,}12 \times 10^3$ MeV ; $E_\ell(^{102}\text{Mo}) = 8{,}64 \times 10^2$ MeV

Énergie de liaison par nucléon : $\dfrac{E_\ell}{A}$.

^{239}Pu : $\dfrac{1{,}79 \times 10^3}{239} = 7{,}49$ MeV par nucléon

^{135}Te : $\dfrac{1{,}12 \times 10^3}{135} = 8{,}30$ MeV par nucléon

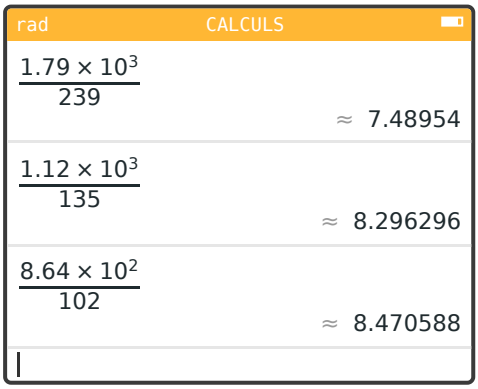
^{102}Mo : $\dfrac{8{,}64 \times 10^2}{102} = 8{,}47$ MeV par nucléon

Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est grande.

$7{,}49 < 8{,}30 < 8{,}47$ MeV par nucléon : le plutonium 239 est le moins stable, le molybdène 102 le plus stable ; les deux noyaux formés sont plus stables que le plutonium.

PIÈGE
Comparer directement les énergies de liaison : le plutonium a la plus grande ($1{,}79 \times 10^3$ MeV) et il est pourtant le moins stable. Seule la valeur par nucléon permet de comparer.

À LA CALCULATRICE



3.3 À l'aide de ces résultats, donner et justifier le bilan énergétique de la réaction (1).

Données utiles $E_{\text{lib}} = 194$ MeV (3.1) ; énergies de liaison par nucléon (3.2)

Les nucléons sont plus fortement liés dans le tellure 135 et le molybdène 102 ($8{,}30$ et $8{,}47$ MeV par nucléon) que dans le plutonium 239 ($7{,}49$ MeV par nucléon). En passant d'un noyau peu stable à deux noyaux plus stables, le système perd de la masse, donc de l'énergie.

La réaction (1) libère de l'énergie : le système cède environ 194 MeV au milieu extérieur par noyau de plutonium 239 fissionné.

COMPRENDRE

Cette énergie est emportée surtout sous forme d'énergie cinétique par les noyaux formés et les neutrons. Les trois neutrons émis peuvent provoquer d'autres fissions : c'est le principe de la réaction en chaîne.