Corrigé complet — Bac S 2012 Amérique du Nord (ancien programme)

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

Ex 1	**Eruption de la montagne pelée en 1902** Chute libre · Deuxième loi de Newton · Équations horaires · Équation de la trajectoire · Énergie mécanique · Lecture de courbes	5 pts	1 h 05	14 questions	p. 2
Ex 2	**Panacées?** Radioactivité et lois de conservation · Décroissance radioactive et demi-vie · Énergie libérée par une réaction nucléaire · Titrage conductimétrique · Constante d'équilibre acide-base · Diagramme de prédominance	7 pts	1 h 31	20 questions	p. 6
Ex 3	**Synthèse d'une amorce à gardons** Estérification · Catalyse et chauffage à reflux · Mélange équimolaire · Rendement d'une synthèse · Appareil de Dean-Stark · Anhydride d'acide	4 pts	52 min	12 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Anodisation de l'aluminium** Électrolyse · Demi-équations d'oxydoréduction · Transformation forcée · Quantité d'électricité · Rendement · Masse volumique	4 pts	52 min	13 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.

Eruption de la montagne pelée en 1902

Bac S 2012 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 1 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Pourquoi peut-on dire que le bloc est en chute libre ?

Dans le référentiel terrestre, on néglige la poussée d'Archimède et les frottements de l'air : le bloc n'est soumis qu'à son poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Le bloc n'est soumis qu'à son poids : il est en chute libre.

COMPRENDRE
« Chute libre » ne veut pas dire « tomber verticalement » : un mouvement qui monte puis redescend, ou une trajectoire parabolique, reste une chute libre tant que le poids est la seule force.

1.2 Établir, avec la deuxième loi de Newton, la relation entre $\vec{a}$ et $\vec{g}$, puis donner $a_x(t)$ et $a_z(t)$.

Système {bloc}, de masse m constante, dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Deuxième loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a} \quad \Rightarrow \quad m\,\vec{g} = m\,\vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \vec{g}$$

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical vers le bas : $\vec{g}\,(0\,;\,-g)$ dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$.

$\vec{a} = \vec{g}\,;\quad a_x(t) = 0$ et $a_z(t) = -g$

PIÈGE
Le signe : l'axe (Oz) est orienté vers le haut et $\vec{g}$ vers le bas, donc $a_z = -g$. Écrire $a_z = g$ fausse toute la suite.

1.3 En déduire les expressions de $v_x(t)$ et $v_z(t)$.

$\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, donc par intégration (primitives) :

$v_x(t) = C_1 \qquad v_z(t) = -g\,t + C_2$

Conditions initiales : $\vec{v}(0) = \vec{v}_0\,(v_0\cos\alpha\,;\,v_0\sin\alpha)$, d'où $C_1 = v_0\cos\alpha$ et $C_2 = v_0\sin\alpha$.

$v_x(t) = v_0\cos\alpha \qquad v_z(t) = -g\,t + v_0\sin\alpha$

MÉTHODE
Chaque intégration fait apparaître une constante ; on la fixe toujours avec la condition initiale correspondante, en projetant $\vec{v}_0$ sur les axes à l'aide d'un schéma.

1.4 Montrer que $x(t) = (v_0\cos\alpha)\,t$ et $z(t) = -\frac{1}{2}g\,t^2 + (v_0\sin\alpha)\,t$.

$\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$, donc par intégration :

$x(t) = (v_0\cos\alpha)\,t + C_3 \qquad z(t) = -\dfrac{1}{2}g\,t^2 + (v_0\sin\alpha)\,t + C_4$

À $t = 0$, le bloc est en O : $x(0) = 0$ et $z(0) = 0$, donc $C_3 = C_4 = 0$.

$x(t) = (v_0\cos\alpha)\,t \qquad z(t) = -\dfrac{1}{2}g\,t^2 + (v_0\sin\alpha)\,t$: ce sont bien les expressions demandées.

2.1 Préciser $v_x(t)$, $v_z(t)$, $x(t)$ et $z(t)$ lorsque la vitesse initiale $\vec{v}_{01}$ est verticale.

Vitesse initiale verticale vers le haut : $\alpha = 90^\circ$, avec $\cos 90^\circ = 0$ et $\sin 90^\circ = 1$.

$v_x(t) = 0 \quad v_z(t) = -g\,t + v_{01} \quad x(t) = 0 \quad z(t) = -\dfrac{1}{2}g\,t^2 + v_{01}\,t$

COMPRENDRE
$x(t) = 0$ à tout instant : le bloc reste sur l'axe (Oz), la trajectoire est bien rectiligne verticale, comme l'annonce le texte.

2.2 À partir de $v_z(t)$, déterminer l'expression de la date t_S où l'altitude maximale h est atteinte.

Au sommet, le bloc s'arrête avant de redescendre : $v_z(t_S) = 0$, soit $-g\,t_S + v_{01} = 0$.

$$\boxed{t_S = \frac{v_{01}}{g}}$$

2.3 En déduire que $v_{01} = \sqrt{2gh}$.

À la date t_S, $z(t_S) = h$:

$$h = -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_{01}}{g}\right)^2 + v_{01}\,\frac{v_{01}}{g} = -\frac{v_{01}^2}{2g} + \frac{v_{01}^2}{g} = \frac{v_{01}^2}{2g}$$

D'où $v_{01}^2 = 2gh$, et comme $v_{01} > 0$:

$$\boxed{v_{01} = \sqrt{2\,g\,h}}$$, la relation du texte 1.

MÉTHODE
Altitude maximale : on écrit $v_z = 0$ pour trouver la date, puis on reporte cette date dans $z(t)$.

2.4 Calculer v_{01} pour $h = 400$ m.

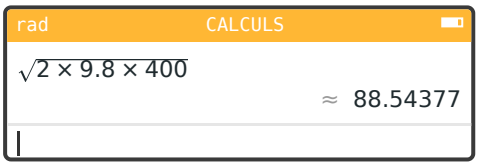
Données utiles $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $h = 400$ m

$$v_{01} = \sqrt{2 \times 9{,}8 \times 400} = 89\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\boxed{v_{01} \approx 89\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}\ (\text{environ } 320\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1})}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $g = 9{,}8$: la donnée la moins précise fixe la précision du résultat.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 À l'aide des équations horaires, établir l'équation de la trajectoire.

Avec $v_0 = v_{02}$: $x = (v_{02}\cos\alpha)\,t$, donc $t = \dfrac{x}{v_{02}\cos\alpha}$. On reporte dans $z(t)$:

$$z = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_{02}\cos\alpha}\right)^2 + v_{02}\sin\alpha\,\frac{x}{v_{02}\cos\alpha}$$

$$\boxed{z(x) = -\frac{g}{2\,v_{02}^2\cos^2\alpha}\,x^2 + (\tan\alpha)\,x}$$

COMPRENDRE
z est un polynôme du second degré en x : la trajectoire est une portion de parabole, tournée vers le bas.

MÉTHODE
Équation de la trajectoire : isoler t dans $x(t)$, puis le remplacer dans $z(t)$. Le temps doit disparaître.

3.1.2 En déduire l'expression de v_{02}, la calculer et la comparer à la valeur du texte 2.

Données utiles $\alpha = 43^\circ$; point d'impact A : $x_A = 1{,}8 \times 10^3$ m et $z_A = -800$ m ; $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Le point A appartient à la trajectoire : $z_A = -\dfrac{g\,x_A^2}{2\,v_{02}^2\cos^2\alpha} + x_A\tan\alpha$, donc

$$v_{02}^2 = \frac{g\,x_A^2}{2\cos^2\alpha\,(x_A\tan\alpha - z_A)} \quad\Rightarrow\quad v_{02} = \frac{x_A}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{g}{2\,(x_A\tan\alpha - z_A)}}$$

$$v_{02} = \frac{1{,}8\times10^3}{\cos 43^\circ}\sqrt{\frac{9{,}8}{2\times(1{,}8\times10^3\times\tan 43^\circ + 800)}} = 1{,}1\times10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\boxed{v_{02} \approx 1{,}1\times10^2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$$: en accord avec les $110\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ du texte 2.

PIÈGE
A est 800 m plus bas que O : $z_A = -800$ m, pas $+800$ m. Avec le mauvais signe, on obtient $v_{02} \approx 184\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

COMPRENDRE
La distance de 1,8 km est donnée à deux chiffres significatifs et « environ » : l'accord avec 110 m/s est très bon à cette précision.

À LA CALCULATRICE

deg CALCULS

$\frac{1800}{\cos(43°)} \times \sqrt{\frac{9.8}{2 \times (1800 \times \tan(43°) + 800)}} \approx 109.4325$

3.2.1 Exprimer puis calculer les énergies cinétique, potentielle et mécanique initiales du bloc ($E_p = 0$ pour $z = 0$).

Données utiles $m = 500$ kg ; $v_{02} = 110\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$E_c(0) = \frac{1}{2} m v_{02}^2 = \frac{1}{2} \times 500 \times 110^2 = 3{,}0 \times 10^6$ J

$E_p(0) = m\,g\,z(0) = 0$ J, car $z(0) = 0$

$E_m(0) = E_c(0) + E_p(0)$

$\boxed{E_c(0) = 3{,}0 \times 10^6 \text{ J} ; E_p(0) = 0 \text{ J} ; E_m(0) = 3{,}0 \times 10^6 \text{ J}}$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.5 \times 500 \times 110^2 \approx 3025000$

3.2.2 Déterminer l'énergie cinétique et l'énergie potentielle du bloc au sommet C de la trajectoire.

En C, $v_z = 0$ et v_x garde sa valeur initiale (Q1.3) : $v_C = v_{02} \cos\alpha$.

$E_c(C) = \frac{1}{2} m (v_{02} \cos\alpha)^2 = \frac{1}{2} \times 500 \times (110 \times \cos 43°)^2 = 1{,}6 \times 10^6$ J

L'énergie mécanique se conserve : $E_p(C) = E_m(0) - E_c(C) = 3{,}03 \times 10^6 - 1{,}62 \times 10^6 = 1{,}4 \times 10^6$ J

$\boxed{E_c(C) = 1{,}6 \times 10^6 \text{ J} ; E_p(C) = 1{,}4 \times 10^6 \text{ J}}$

PIÈGE

Au sommet, la vitesse n'est pas nulle : seule sa composante verticale l'est. Prendre $E_c(C) = 0$ revient à traiter un lancer vertical.

À LA CALCULATRICE

deg CALCULS

$0.5 \times 500 \times (110 \times \cos(43°))^2 \approx 1618007$

$3\,025\,000 - 1\,618\,006.667 \approx 1406993$

3.2.3 En déduire l'altitude maximale h' atteinte par le bloc, mesurée à partir de O.

$E_p(C) = m\,g\,h'$, donc

$$h' = \frac{E_p(C)}{m\,g} = \frac{1{,}41 \times 10^6}{500 \times 9{,}8} = 2{,}9 \times 10^2 \text{ m}$$

$\boxed{h' \approx 2{,}9 \times 10^2 \text{ m}}$

MÉTHODE

Garder les valeurs non arrondies en mémoire pour les calculs enchaînés ; on n'arrondit que le résultat affiché. On vérifie aussi que $h' = \frac{(v_{02} \sin\alpha)^2}{2g}$ donne la même valeur.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1\,406\,993.333}{500 \times 9.8} \approx 287.1415$

3.2.4 Identifier les courbes $x(t)$ et $z(t)$ de l'annexe, puis déterminer graphiquement la distance horizontale x_C parcourue au sommet.

Données utiles $h' \approx 2{,}9 \times 10^2$ m (Q3.2.3) ; annexe : courbes n°1 et n°2

$x(t) = (v_{02}\cos\alpha)\,t$ est une fonction linéaire du temps : sa courbe est une droite passant par l'origine, c'est la **courbe n°1**.

$z(t) = -\frac{1}{2}g\,t^2 + (v_{02}\sin\alpha)\,t$ est une fonction du second degré : sa courbe est une parabole tournée vers le bas, c'est la **courbe n°2**.

Sur la courbe n°2, le sommet ($z = h' \approx 290$ m) est atteint à $t_C \approx 7{,}7$ s.
Sur la courbe n°1, à cette date : $x \approx 6 \times 10^2$ m.

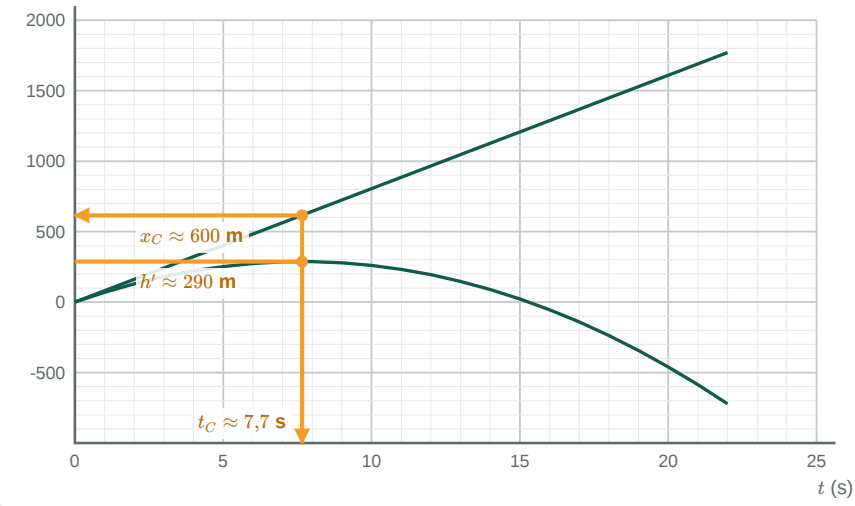
Courbe n°1 : $x(t)$; courbe n°2 : $z(t)$; $x_C \approx 6 \times 10^2$ m

COMPRENDRE

Le calcul confirme la lecture : $t_C = \dfrac{v_{02}\sin\alpha}{g} \approx 7{,}7$ s et $x_C = v_{02}\cos\alpha \times t_C \approx 616$ m.

MÉTHODE

Lecture sur deux courbes : trouver la date sur l'une (le sommet de z), puis reporter cette même date sur l'autre. Les tracés de lecture doivent figurer sur l'annexe rendue.



3.2.4 · Annexe complétée : sommet de z(t) (courbe n°2), puis lecture de x sur la courbe n°1 à la même date

Panacées?

Bac S 2012 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.1 Partie A. Expliquer pourquoi les noyaux de radium 228 et de radium 226 sont des isotopes.

Données utiles $^{226}_{88}\text{Ra}$; $^{228}_{88}\text{Ra}$

Deux noyaux isotopes ont le même nombre de protons Z mais des nombres de nucléons A différents.

Les deux noyaux de radium ont $Z = 88$ protons, mais $A = 228$ pour l'un et $A = 226$ pour l'autre : ils diffèrent par leur nombre de neutrons (140 et 138).

Même $Z = 88$, A différent : ce sont des isotopes du radium.

PIÈGE
Dire « même nombre de nucléons » ou oublier de citer les valeurs de Z et de A : la définition seule ne suffit pas, il faut l'appliquer aux deux noyaux.

1.2 Compléter l'équation de désintégration du radium 228 en citant les lois utilisées, identifier X et donner le type de radioactivité.

Données utiles $^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{228}_{89}\text{Ac} + {}^{A}_{Z}\text{X}$

Lois de conservation (lois de Soddy) :

- conservation du nombre de nucléons : $228 = 228 + A$, donc $A = 0$;
- conservation de la charge électrique : $88 = 89 + Z$, donc $Z = -1$.

X est un électron $^{0}_{-1}\text{e}$:

$$^{228}_{88}\text{Ra} \longrightarrow {}^{228}_{89}\text{Ac} + {}^{0}_{-1}\text{e}$$

X est un électron : radioactivité β^-.

COMPRENDRE
Dans le noyau, un neutron se transforme en proton avec émission d'un électron : Z augmente de 1, A ne change pas.

2.1 Définir la demi-vie $t_{1/2}$ et vérifier sur le document 1 que celle du radium 226 vaut $1{,}60 \times 10^3$ ans.

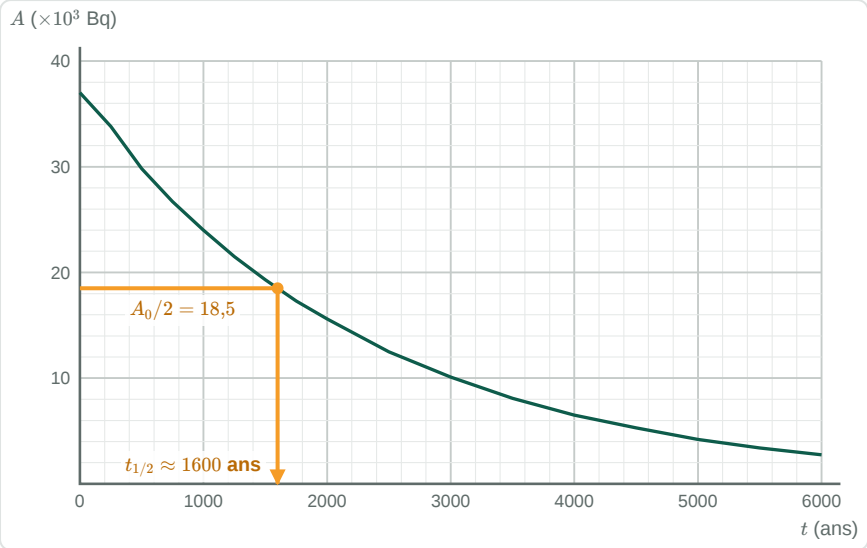
Données utiles document 1 : $A_0 = 3{,}7 \times 10^4$ Bq à $t = 0$

La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents se sont désintégrés. L'activité, proportionnelle au nombre de noyaux, est alors divisée par deux.

Sur le document 1 : $A_0 = 3{,}7 \times 10^4$ Bq, donc $\dfrac{A_0}{2} = 1{,}85 \times 10^4$ Bq. On trace l'horizontale $A = 1{,}85 \times 10^4$ Bq jusqu'à la courbe, puis on lit l'abscisse du point obtenu.

$t_{1/2} \approx 1{,}6 \times 10^3$ ans, conforme à la valeur annoncée $1{,}60 \times 10^3$ ans.

MÉTHODE
Lecture de demi-vie : repérer l'ordonnée à l'origine A_0, tracer l'horizontale $A_0/2$, descendre à l'axe du temps. Sur l'annexe, laisser les traits de construction apparents.



2.1 · Document 1 du sujet, avec la lecture de la demi-vie

2.2 Établir la relation entre la demi-vie et la constante radioactive λ, puis calculer λ en s^{-1}.

Données utiles $A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}$; $t_{1/2} = 1{,}60 \times 10^3$ ans

À $t = t_{1/2}$: $A(t_{1/2}) = \dfrac{A_0}{2} = A_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$, donc $e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{1}{2}$.

En prenant le logarithme : $-\lambda\, t_{1/2} = \ln\dfrac{1}{2} = -\ln 2$, d'où $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$.

Conversion : $t_{1/2} = 1{,}60 \times 10^3 \times 365{,}25 \times 24 \times 3600 = 5{,}05 \times 10^{10}$ s.

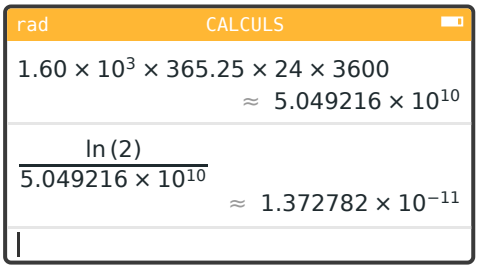
$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5{,}05 \times 10^{10}} = 1{,}37 \times 10^{-11}\ \text{s}^{-1}$$

$\boxed{\lambda = 1{,}37 \times 10^{-11}\ \text{s}^{-1}}$

PIÈGE
Calculer $\ln 2/1600$ sans convertir : on obtient λ en an^{-1}, pas en s^{-1}.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme $t_{1/2}$. Prendre 365 ou 365,25 jours par an ne change pas ce résultat.

À LA CALCULATRICE



3.1 Donner la relation entre l'activité $A(t)$ et le nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs présents.

L'activité est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs présents, avec λ la constante radioactive :

$\boxed{A(t) = \lambda\, N(t)}$

COMPRENDRE
A en becquerels (désintégrations par seconde), λ en s^{-1}, N sans unité.

3.2 Calculer N_0, le nombre de noyaux de radium 226 initialement présents dans le flacon.

Données utiles $A_0 = 1\ \mu\text{Ci} = 3{,}7 \times 10^4$ Bq ; λ (Q2.2)

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{3{,}7 \times 10^4}{1{,}37 \times 10^{-11}} = 2{,}7 \times 10^{15}$$

$\boxed{N_0 = 2{,}7 \times 10^{15}\ \text{noyaux}}$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, car $A_0 = 3{,}7 \times 10^4$ Bq n'en a que deux.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{3.7 \times 10^{4}}{1.37 \times 10^{-11}} \approx 2.70073 \times 10^{15}$$

3.3 Vérifier que le flacon contenait une masse $m_0 = 1{,}0\ \mu g$ de radium 226.

Données utiles N_0 (Q3.2) ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$; $M = 226\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$m_0 = n_0\, M = \frac{N_0}{N_A}\, M = \frac{2{,}7 \times 10^{15}}{6{,}02 \times 10^{23}} \times 226 = 1{,}0 \times 10^{-6}\ \text{g}$$

$m_0 = 1{,}0 \times 10^{-6}$ g $= 1{,}0\ \mu g$: valeur attendue retrouvée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{2.7 \times 10^{15}}{6.02 \times 10^{23}} \times 226 \approx 1.013621 \times 10^{-6}$$

4.1 Déterminer la variation de masse associée à la désintégration d'un noyau de radium 226.

Données utiles ${}^{226}_{88}\text{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^{4}_{2}\text{He}$; $m(\text{Ra}) = 225{,}977\,0$ u ; $m(\text{Rn}) = 221{,}970\,3$ u ; $m(\text{He}) = 4{,}001\,5$ u ; $1\ \text{u} = 1{,}660\,54 \times 10^{-27}$ kg

$$\Delta m = m(\text{Rn}) + m(\text{He}) - m(\text{Ra})$$

$$\Delta m = 221{,}970\,3 + 4{,}001\,5 - 225{,}977\,0 = -0{,}005\,2\ \text{u}$$

$$\Delta m = -0{,}005\,2 \times 1{,}660\,54 \times 10^{-27} = -8{,}6 \times 10^{-30}\ \text{kg}$$

$\Delta m = -5{,}2 \times 10^{-3}$ u $= -8{,}6 \times 10^{-30}$ kg

COMPRENDRE
La soustraction ne garde que deux chiffres significatifs : $0{,}005\,2$ u. Le signe négatif traduit une perte de masse, convertie en énergie libérée.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$221.9703 + 4.0015 - 225.9770 \approx -0.0052$$

$$(-0.0052) \times 1.66054 \times 10^{-27} \approx -8.634808 \times 10^{-30}$$

4.2 En déduire l'énergie E libérée par la désintégration d'un noyau de radium 226.

Données utiles Δm (Q4.1) ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

L'énergie libérée correspond à la masse perdue : $E = |\Delta m|\, c^2$.

$$E = 8{,}6 \times 10^{-30} \times (3{,}00 \times 10^{8})^2 = 7{,}8 \times 10^{-13}\ \text{J}$$

$E = 7{,}8 \times 10^{-13}$ J libérés par noyau

PIÈGE
Arrondir Δm avant de calculer donne $7{,}7 \times 10^{-13}$ J. Garder la valeur non arrondie en mémoire : $7{,}8 \times 10^{-13}$ J.

COMPRENDRE
Soit environ $4{,}8$ MeV par désintégration, ordre de grandeur habituel d'une émission α.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$8.6 \times 10^{-30} \times (3.00 \times 10^{8})^{2}$
$\approx 7.74 \times 10^{-13}$

$0.0052 \times 1.66054 \times 10^{-27} \times (3.00 \times 10^{8})^{2}$
$\approx 7.771327 \times 10^{-13}$

4.3 Calculer l'énergie totale que peut libérer le radium 226 initialement contenu dans un flacon.

Données utiles N_0 (Q3.2) ; E (Q4.2)

Chacun des N_0 noyaux libère E en se désintégrant :

$$E_{\text{tot}} = N_0\, E = 2{,}7 \times 10^{15} \times 7{,}8 \times 10^{-13} = 2{,}1 \times 10^{3}\ \text{J}$$

$$\boxed{E_{\text{tot}} = 2{,}1 \times 10^{3}\ \text{J} = 2{,}1\ \text{kJ}}$$

COMPRENDRE
Cette énergie n'est libérée que sur des milliers d'années ; elle est faible, mais déposée dans les tissus elle est très nocive.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$2.7 \times 10^{15} \times 7.8 \times 10^{-13}$
≈ 2106

1.1 Partie B. Écrire l'équation de la réaction de dosage de l'acide ascorbique HA par la solution d'hydroxyde de sodium.

Les ions sodium sont spectateurs ; l'acide HA réagit avec la base HO^- :

$$\boxed{\text{HA}\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{A}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})}$$

PIÈGE
Faire figurer Na^+ dans l'équation, ou écrire H_3O^+ comme réactif : la base titrante est l'ion hydroxyde.

1.2 Établir l'expression de la constante d'équilibre K en fonction de K_e et K_A, puis calculer K.

Données utiles $\text{p}K_A = 4{,}1$; $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$

$$K = \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HA}]_{\text{éq}}\,[\text{HO}^-]_{\text{éq}}} = \frac{[\text{A}^-]_{\text{éq}}\,[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{HA}]_{\text{éq}}} \times \frac{1}{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}\,[\text{HO}^-]_{\text{éq}}} = \frac{K_A}{K_e}$$

$$K = \frac{10^{-\text{p}K_A}}{K_e} = \frac{10^{-4{,}1}}{1{,}0 \times 10^{-14}} = 10^{9{,}9} = 7{,}9 \times 10^{9}$$

$$\boxed{K = \frac{K_A}{K_e} = 7{,}9 \times 10^{9}}$$

COMPRENDRE
K est très grand devant 10^4 : la réaction est totale, condition nécessaire pour un titrage.

MÉTHODE
Pour exprimer K avec K_A et K_e : multiplier numérateur et dénominateur par $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$, puis regrouper.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{10^{-4.1}}{1.0 \times 10^{-14}}$
$\approx 7.943282 \times 10^{9}$

2.1 Définir l'équivalence du dosage.

À l'équivalence, les réactifs titré (HA) et titrant (HO^-) ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de dosage : ils sont alors entièrement consommés.

PIÈGE
Confondre équivalence et neutralité : le pH à l'équivalence n'est pas 7, car l'ion ascorbate formé est une base.

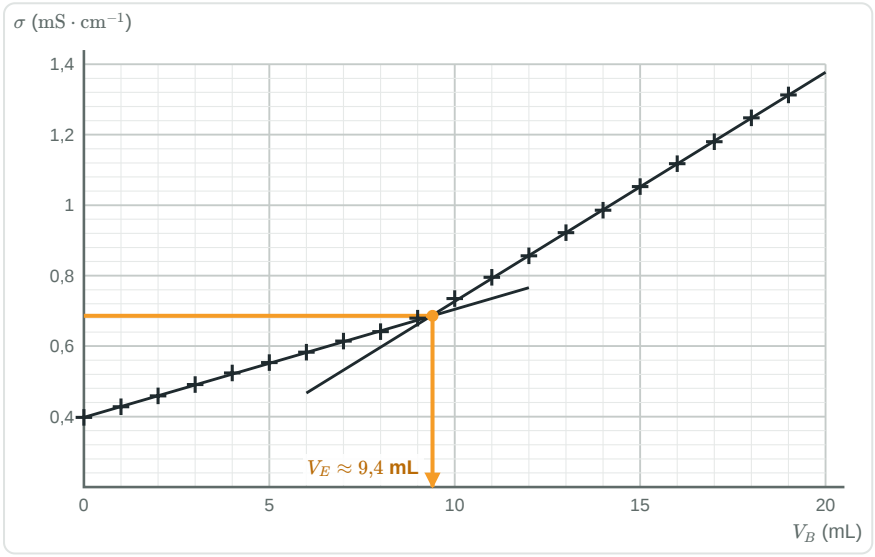
2.2 Déterminer graphiquement le volume V_E versé à l'équivalence sur le document 2.

Les points forment deux portions de droites de pentes différentes. On trace la droite moyenne de chaque portion ; l'abscisse de leur point d'intersection est le volume à l'équivalence.

$V_E \approx 9{,}4$ mL

COMPRENDRE
La précision de lecture est de l'ordre de $0{,}1$ mL : une valeur entre $9{,}3$ et $9{,}5$ mL est acceptée.

MÉTHODE
Titrage conductimétrique : tracer chaque droite avec les points éloignés de l'équivalence, où la courbe s'arrondit (ici les points à 10 mL et 11 mL).



2.2 · Document 2 du sujet, avec les deux droites et la lecture de l'équivalence

2.3 Calculer la concentration molaire C_A en acide ascorbique de la solution S_A.

Données utiles $C_B = 8{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} ; $V_A = 100{,}0$ mL ; V_E (Q2.2)

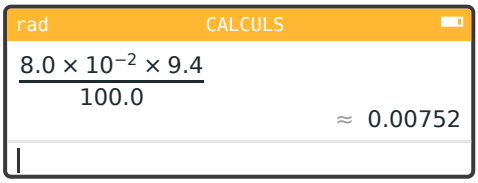
D'après l'équation (coefficients 1 et 1), à l'équivalence : $n(\mathrm{HA})_{\text{initial}} = n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}$, soit $C_A\,V_A = C_B\,V_E$.

$$C_A = \frac{C_B\,V_E}{V_A} = \frac{8{,}0 \times 10^{-2} \times 9{,}4}{100{,}0} = 7{,}5 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_A = 7{,}5 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1}

COMPRENDRE
V_E et V_A sont dans la même unité (mL) : leur rapport se calcule sans conversion.

À LA CALCULATRICE



2.4 En déduire la masse m_A d'acide ascorbique contenue dans le comprimé et la comparer à l'indication du fabricant.

Données utiles C_A (Q2.3) ; volume de S_A : $V = 200{,}0$ mL ; $M(\text{acide ascorbique}) = 176\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; étiquette : 250 mg d'acide ascorbique

Le comprimé entier est dissous dans les 200,0 mL de S_A :

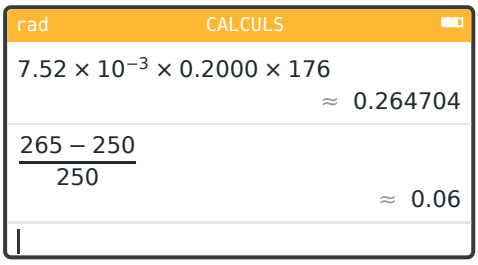
$$m_A = C_A\, V\, M = 7{,}52 \times 10^{-3} \times 0{,}2000 \times 176 = 0{,}26\ \text{g}$$

Le fabricant annonce 250 mg d'acide ascorbique : écart relatif $\dfrac{265 - 250}{250} \approx 6\ \%$, accord satisfaisant compte tenu de la lecture graphique.

$m_A \approx 0{,}26$ g (265 mg), proche des 250 mg annoncés.

PIÈGE
Prendre $V_A = 100{,}0$ mL : on ne dose que la moitié du comprimé. Comparer aussi à 250 mg, pas à 500 mg : l'ion ascorbate déjà présent n'est pas titré.

À LA CALCULATRICE



3 Interpréter l'évolution de la conductivité du mélange avant l'équivalence.

Données utiles $\lambda(\text{Na}^+) = 5{,}01$; $\lambda(\text{HO}^-) = 19{,}9$; $\lambda(\text{A}^-) = 3{,}42$ (en $\text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$)

Avant l'équivalence, les ions HO^- versés sont entièrement consommés par HA : ils ne s'accumulent pas.

Pour chaque ion HO^- consommé, un ion A^- se forme ; les ions Na^+ versés, spectateurs, s'accumulent. Les concentrations $[\text{Na}^+]$ et $[\text{A}^-]$ augmentent, donc $\sigma = \lambda(\text{Na}^+)[\text{Na}^+] + \lambda(\text{A}^-)[\text{A}^-] + \ldots$ augmente (dilution négligée).

Avant l'équivalence, σ augmente modérément, car des ions Na^+ et A^- s'ajoutent à la solution.

COMPRENDRE
Après l'équivalence, HO^- s'accumule avec Na^+ ; comme $\lambda(\text{HO}^-)$ est grande, la pente devient plus forte. La conductivité initiale non nulle vient de l'ascorbate de sodium du comprimé.

4.1 Calculer la quantité de matière d'ascorbate de sodium contenue dans le comprimé.

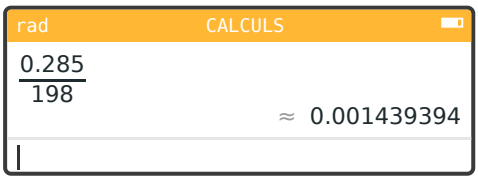
Données utiles $m = 285$ mg ; $M(\text{ascorbate de sodium}) = 198\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0{,}285}{198} = 1{,}44 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

$n(\text{ascorbate de sodium}) = 1{,}44 \times 10^{-3}$ mol

PIÈGE
Laisser la masse en milligrammes avec M en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: on trouve 1,44, mille fois trop.

À LA CALCULATRICE



4.2 Dans l'estomac, le pH vaut environ 1,5. Justifier à l'aide d'un diagramme de prédominance que les ions ascorbate s'y transforment en acide ascorbique.

Données utiles $pK_A(HA/A^-) = 4{,}1$; pH de l'estomac $\approx 1{,}5$

Diagramme de prédominance : pour $pH < pK_A = 4{,}1$, la forme acide HA prédomine ; pour $pH > 4{,}1$, la base A^- prédomine.

Dans l'estomac, $pH = 1{,}5 < 4{,}1$: on est dans le domaine de HA. Les ions ascorbate ingérés captent un proton :
$A^-(aq) + H_3O^+(aq) \longrightarrow HA(aq) + H_2O(l)$.

$pH = 1{,}5 < pK_A = 4{,}1$: l'acide ascorbique HA prédomine, les ions ascorbate se transforment en HA.

COMPRENDRE
À pH 1,5 : $\frac{[A^-]}{[HA]} = 10^{pH-pK_A} = 10^{-2{,}6} \approx 2{,}5 \times 10^{-3}$: il reste moins de 0,3 % d'ions ascorbate.



4.2 · Diagramme de prédominance du couple HA / A^-

4.3 Justifier l'indication de l'étiquette « Quantité correspondante en acide ascorbique : 500 mg ».

Données utiles n (Q4.1) ; $M(\text{acide ascorbique}) = 176\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 250 mg d'acide ascorbique dans le comprimé

Dans l'estomac, chaque ion ascorbate donne une molécule HA :
$n(HA)_{\text{formé}} = n(\text{ascorbate}) = 1{,}44 \times 10^{-3}$ mol.

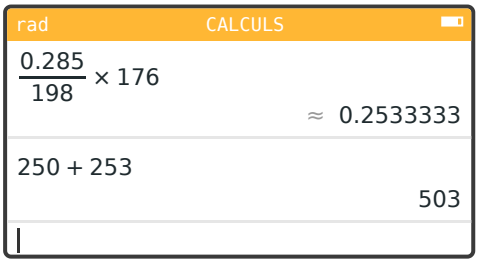
$$m(HA)_{\text{formé}} = n\,M(HA) = \frac{0{,}285}{198} \times 176 = 0{,}253\ \text{g} = 253\ \text{mg}$$

Masse totale d'acide ascorbique disponible : $250 + 253 = 503$ mg.

$m_{\text{totale}} \approx 503\ \text{mg} \approx 500\ \text{mg}$: l'indication de l'étiquette est justifiée.

PIÈGE
Garder la masse d'ascorbate de sodium (285 mg) : la masse molaire change quand A^- devient HA ; on raisonne sur la quantité de matière.

À LA CALCULATRICE



Synthèse d'une amorce à gardons

Bac S 2012 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Écrire l'équation de la réaction de synthèse de l'acétate d'amyle.

Données utiles acide éthanoïque CH_3-COOH ; pentan-1-ol $CH_3-(CH_2)_4-OH$

Acide carboxylique + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau :

$$CH_3-COOH + CH_3-(CH_2)_4-OH \rightleftharpoons CH_3-COO-(CH_2)_4-CH_3 + H_2O$$

$CH_3-COOH + C_5H_{11}OH \rightleftharpoons CH_3-COO-C_5H_{11} + H_2O$; l'ester est l'éthanoate de pentyle.

PIÈGE
Oublier l'eau dans les produits, ou écrire une simple flèche : l'estérification n'est pas totale, on utilise la double flèche (ou le signe « = »).

COMPRENDRE
Le groupe $-OH$ de l'acide et l'atome H du groupe hydroxyle de l'alcool partent sous forme d'eau ; la chaîne de l'alcool se retrouve du côté $-O-$ de l'ester.

1.2 Donner les caractéristiques de la réaction d'estérification.

L'estérification est une réaction **lente** (plusieurs heures à température ambiante) et **limitée** (elle aboutit à un état d'équilibre avec l'hydrolyse de l'ester, réaction inverse). Elle est athermique.

Réaction lente, limitée (équilibre estérification-hydrolyse) et athermique.

COMPRENDRE
Pour un mélange équimolaire avec un alcool primaire, l'avancement final ne dépasse pas environ 67 % de l'avancement maximal : c'est ce qui explique le rendement modeste trouvé en 2.5.

2.1 Établir l'expression littérale du volume V_2 de pentan-1-ol pour un mélange équimolaire, puis calculer V_2.

Données utiles $V_1 = 8{,}6$ mL ; $\rho_1 = 1{,}05\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $M_1 = 60\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $\rho_2 = 0{,}81\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $M_2 = 88\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Mélange équimolaire : $n_1 = n_2$, avec $n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{\rho V}{M}$.

$$\frac{\rho_1 V_1}{M_1} = \frac{\rho_2 V_2}{M_2} \quad \Rightarrow \quad V_2 = \frac{M_2\,\rho_1\,V_1}{M_1\,\rho_2}$$

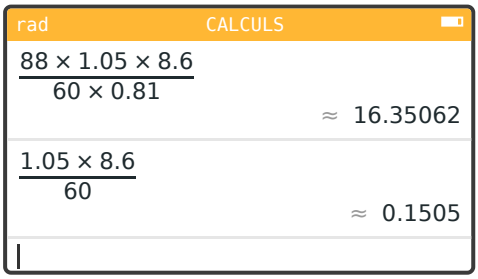
$$V_2 = \frac{88 \times 1{,}05 \times 8{,}6}{60 \times 0{,}81} = 16\ \text{mL}$$

$$V_2 = \frac{M_2\,\rho_1\,V_1}{M_1\,\rho_2} \approx 16\ \text{mL}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $V_1 = 8{,}6$ mL et $\rho_2 = 0{,}81$, les données les moins précises. Avec ρ en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, le volume sort directement en mL. Chaque réactif : $n = 0{,}15$ mol.

MÉTHODE
Pour un liquide pur : $m = \rho V$ puis $n = m/M$. Écrire l'égalité des quantités de matière avant d'isoler l'inconnue.

À LA CALCULATRICE



2.2 Préciser le rôle du catalyseur (acide paratoluène sulfonique).

Le catalyseur **augmente la vitesse** de la réaction : l'état final est atteint plus vite. Il n'apparaît pas dans l'équation et il ne modifie pas l'état d'équilibre (ni le rendement final).

Le catalyseur accélère l'estérification sans changer l'état final.

PIÈGE
Écrire que le catalyseur améliore le rendement : il ne déplace pas l'équilibre, il permet seulement de l'atteindre plus tôt.

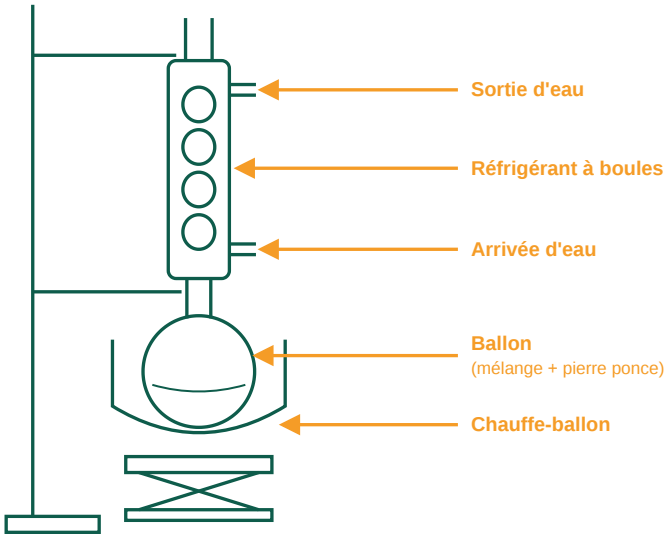
2.3 Nommer les éléments du montage repérés sur le document 1 de l'annexe.

De haut en bas, les flèches désignent :

1. la sortie d'eau du réfrigérant ; 2. le réfrigérant à boules ; 3. l'arrivée d'eau du réfrigérant ; 4. le ballon (contenant le mélange réactionnel et la pierre ponce) ; 5. le chauffe-ballon.

Le réfrigérant à boules, avec son entrée d'eau en bas et sa sortie en haut, surmonte le ballon posé dans le chauffe-ballon (annexe ci-dessous).

PIÈGE
Inverser l'arrivée et la sortie d'eau : l'eau froide entre par le bas du réfrigérant et ressort par le haut, pour que la gaine reste entièrement remplie.



2.3 · Document 1 de l'annexe complété : montage de chauffage à reflux

2.4 Quels sont les intérêts du chauffage à reflux ?

- **Chauffer** : la température est un facteur cinétique, la réaction est plus rapide.
- **À reflux** : les vapeurs se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le ballon, donc aucune espèce chimique n'est perdue (et les vapeurs ne se répandent pas dans la salle).

Accélérer la réaction en chauffant, sans perte de réactifs ni de produits.

MÉTHODE
Un montage se justifie en deux temps : le rôle du chauffage (cinétique) et le rôle du réfrigérant (conserver la matière).

2.5 Définir et calculer le rendement r de la synthèse.

Données utiles $m = 11{,}7$ g d'ester obtenu ; $M_{\text{ester}} = 130\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $n_1 = n_2 = \dfrac{\rho_1 V_1}{M_1}$ (Q2.1)

$r = \dfrac{n_{\text{ester obtenu}}}{n_{\max}} = \dfrac{m}{m_{\max}}$, où $m_{\max}$ est la masse d'ester obtenue si la réaction était totale.

Mélange stœchiométrique : $n_{\max} = n_1 = \dfrac{\rho_1 V_1}{M_1} = \dfrac{1{,}05 \times 8{,}6}{60} = 0{,}15$ mol

$m_{\max} = n_1 M_{\text{ester}} = 0{,}1505 \times 130 = 19{,}6$ g

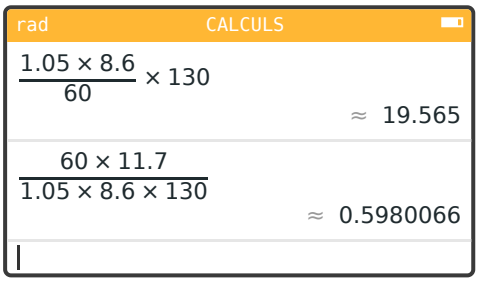
$$r = \frac{m}{m_{\max}} = \frac{M_1 m}{\rho_1 V_1 M_{\text{ester}}} = \frac{60 \times 11{,}7}{1{,}05 \times 8{,}6 \times 130} = 0{,}60$$

$r \approx 60\ \%$

PIÈGE
Calculer le rendement avec les masses de réactifs : il faut comparer la masse d'ester obtenue à la masse d'ester maximale.

COMPRENDRE
Ce résultat est proche des 67 % de l'équilibre (Q1.2) : des pertes lors des opérations de traitement expliquent l'écart.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 Indiquer sur le document 2 de l'annexe les positions relatives des deux phases dans le tube décanteur. Justifier.

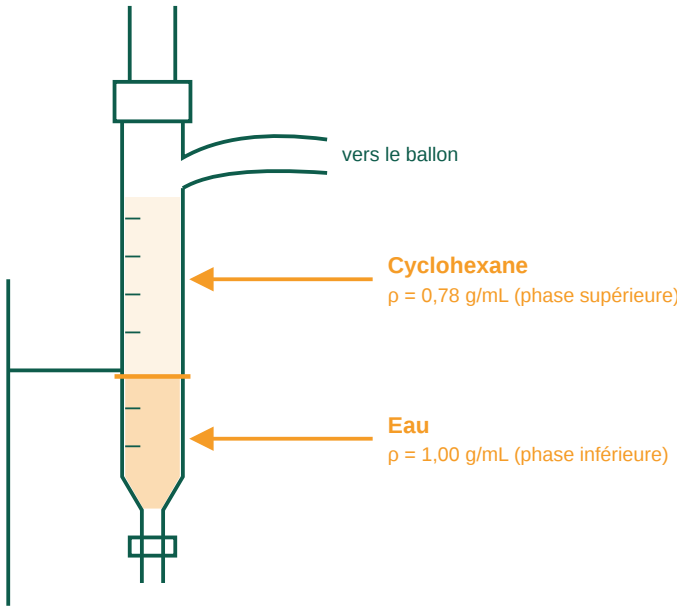
Données utiles $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $\rho_{\text{cyclohexane}} = 0{,}78\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; cyclohexane insoluble dans l'eau

L'eau et le cyclohexane ne sont pas miscibles : ils forment deux phases. La phase la plus dense se place en bas.

$\rho_{\text{cyclohexane}} = 0{,}78\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1} < \rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Phase aqueuse en bas, phase de cyclohexane au-dessus (schéma ci-dessous).

COMPRENDRE
L'annexe indique « Question 3.3.1 » : c'est une coquille du sujet, il s'agit bien de la question 3.1.1.



3.1.1 · Document 2 de l'annexe complété : tube décanteur du Dean-Stark

3.1.2 L'eau est extraite du milieu réactionnel au fur et à mesure de sa formation. Quel est l'intérêt de ce dispositif ?

En éliminant l'eau, on empêche l'hydrolyse de l'ester (réaction inverse). Le quotient de réaction reste inférieur à la constante d'équilibre : le système évolue en permanence dans le sens direct de l'estérification.

L'équilibre est déplacé dans le sens de formation de l'ester : la réaction devient quasi totale et le rendement augmente.

MÉTHODE
Pour augmenter le rendement d'une réaction limitée : mettre un réactif en excès ou éliminer un produit au fur et à mesure de sa formation.

3.1.3 Qu'a observé l'expérimentateur qui l'a conduit à arrêter le chauffage au bout de 50 minutes ?

L'eau formée, condensée dans le réfrigérant, tombe dans le tube décanteur et s'accumule au fond : le volume de la phase aqueuse augmente tant que la réaction avance.

Le niveau de l'eau dans le tube décanteur ne monte plus : il ne se forme plus d'eau, la réaction est terminée.

COMPRENDRE
Si la réaction était totale, on recueillerait $n_1\,M_{\text{eau}} = 0{,}1505 \times 18 = 2{,}7$ g, soit environ 2,7 mL d'eau : la graduation du tube permet de suivre l'avancement.

3.1.4 Calculer le rendement r' de la synthèse avec le Dean-Stark et vérifier l'intérêt de la méthode.

Données utiles $m' = 17{,}6$ g ; $m_{\max} = 19{,}6$ g (Q2.5), mêmes quantités de réactifs

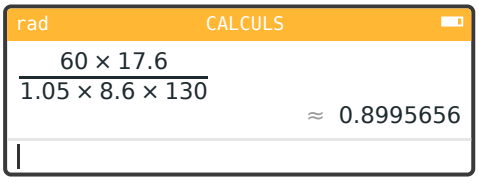
Mêmes quantités initiales, donc même masse maximale d'ester :

$$r' = \frac{m'}{m_{\max}} = \frac{M_1\,m'}{\rho_1\,V_1\,M_{\text{ester}}} = \frac{60 \times 17{,}6}{1{,}05 \times 8{,}6 \times 130} = 0{,}90$$

$r' \approx 90\ \%$, contre 60 % sans Dean-Stark : le rendement gagne 30 points, la méthode est efficace.

PIÈGE
Le rendement passe de 60 % à 90 % : c'est un gain de 30 points de pourcentage, soit une augmentation relative de 50 %, pas de 30 %.

À LA CALCULATRICE



3.2 Nommer et donner la formule semi-développée du dérivé de l'acide carboxylique qui permet un rendement très supérieur.

On remplace l'acide éthanoïque par l'**anhydride éthanoïque** (anhydride acétique) :

$$CH_3-CO-O-CO-CH_3$$

Sa réaction avec le pentan-1-ol est totale et rapide :

$$(CH_3CO)_2O + C_5H_{11}OH \longrightarrow CH_3-COO-C_5H_{11} + CH_3-COOH$$

Anhydride éthanoïque, $CH_3-CO-O-CO-CH_3$

COMPRENDRE
Le chlorure d'éthanoyle CH_3-COCl convient aussi, mais il réagit violemment et libère du chlorure d'hydrogène : l'anhydride est préféré au laboratoire.

Spécialité : Anodisation de l'aluminium

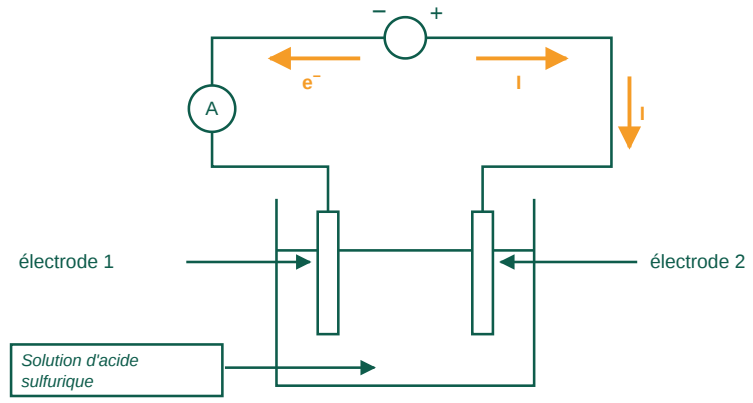
Bac S 2012 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Indiquer sur le document 1 de l'annexe le sens conventionnel du courant et le sens de circulation des électrons.

À l'extérieur du générateur, le courant I sort par la borne $+$ et rentre par la borne $-$. Les électrons circulent dans les fils en sens inverse du courant : ils partent de la borne $-$.

Courant : de la borne $+$ vers l'électrode 2, puis de l'électrode 1 vers l'ampèremètre et la borne $-$; électrons : sens opposé (voir l'annexe).

PIÈGE
Dessiner des électrons qui traversent la solution : dans l'électrolyte, ce sont les ions qui portent le courant, les électrons ne circulent que dans les fils et les électrodes.



1.1 · Document 1 complété : sens du courant I et des électrons

1.2 Un gaz se dégage à la cathode. Écrire la demi-équation (1) correspondante en choisissant l'un des couples donnés. Justifier.

À la cathode se produit une réduction, qui consomme l'oxydant d'un couple. Le seul couple dont la réduction forme un gaz est $\mathrm{H^+(aq)/H_2(g)}$; de plus, $\mathrm{H^+}$ est abondant dans la solution d'acide sulfurique. La réduction de $\mathrm{O_2}$ consommerait un gaz au lieu d'en produire, et celle de $\mathrm{Al_2O_3}$ ne donne pas de gaz.

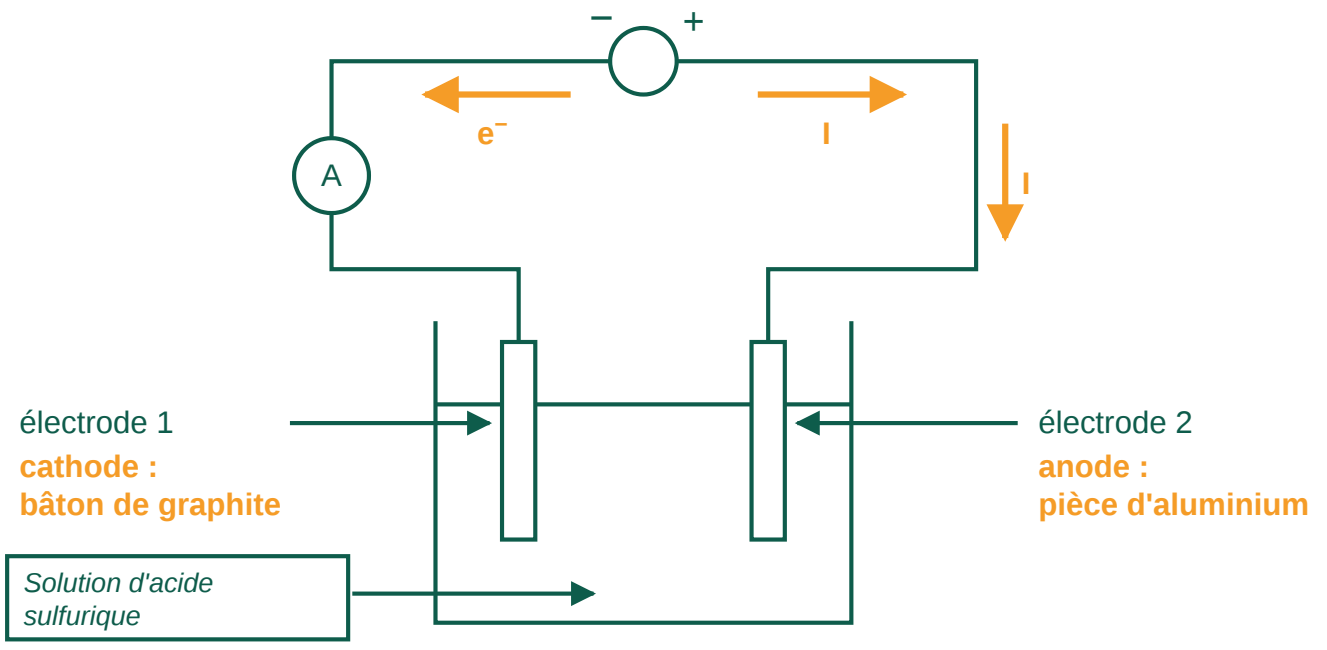
(1) : $\mathrm{2\,H^+(aq) + 2\,e^- = H_2(g)}$: dégagement de dihydrogène.

MÉTHODE
Électrolyse : cathode = réduction (électrons reçus du générateur), anode = oxydation. Pour retenir : « anode » et « oxydation » commencent par une voyelle, « cathode » et « réduction » par une consonne.

1.3 La pièce d'aluminium doit être oxydée. Indiquer sur le document 1 l'emplacement du bâton de graphite et celui de la pièce.

L'oxydation a lieu à l'anode, électrode reliée à la borne $+$ du générateur, qui reçoit les électrons libérés par l'oxydation. La pièce d'aluminium est donc l'électrode 2 ; le bâton de graphite, relié à la borne $-$, est la cathode.

Électrode 1 : bâton de graphite (cathode) ; électrode 2 : pièce d'aluminium (anode).



1.3 · Document 1 complété : emplacement des électrodes

1.4 Écrire la demi-équation (2) associée au couple $Al_2O_3(s)/Al(s)$.

On équilibre l'aluminium, puis l'oxygène avec H_2O, l'hydrogène avec H^+ (milieu acide), enfin les charges avec des électrons. La pièce est oxydée :

(2) : $2\,Al(s) + 3\,H_2O(l) = Al_2O_3(s) + 6\,H^+(aq) + 6\,e^-$

PIÈGE
Oublier les H^+ ou vérifier mal les charges : à droite $6 \times (+1) + 6 \times (-1) = 0$, comme à gauche.

1.5 En déduire l'équation de la réaction d'électrolyse : $2\,Al(s) + 3\,H_2O(l) = Al_2O_3(s) + 3\,H_2(g)$.

Le nombre d'électrons cédés par l'oxydation doit être égal au nombre d'électrons captés par la réduction. On garde (2) une fois et on multiplie (1) par 3 :

$2\,Al + 3\,H_2O = Al_2O_3 + 6\,H^+ + 6\,e^-$ $\quad (\times 1)$

$6\,H^+ + 6\,e^- = 3\,H_2$ $\quad (\times 3)$

En additionnant, les 6 électrons et les 6 ions H^+ apparaissent de chaque côté et se simplifient.

$2\,Al(s) + 3\,H_2O(l) = Al_2O_3(s) + 3\,H_2(g)$: c'est l'équation annoncée.

1.6 S'agit-il d'une transformation spontanée ou forcée ? Justifier.

La transformation n'a lieu que parce que le générateur impose le courant et fournit de l'énergie électrique au système : sans générateur, elle ne se produit pas.

Transformation forcée.

COMPRENDRE
Une électrolyse est toujours une transformation forcée : le générateur fait évoluer le système dans le sens inverse de son évolution spontanée.

2.1 Exprimer la quantité de matière d'électrons échangés $n(e^-)$ en fonction de I, N_A, Δt et e.

Le courant étant constant, la charge électrique qui a circulé est $Q = I \times \Delta t$.

Elle est portée par $N = n(e^-) \times N_A$ électrons de charge e : $Q = n(e^-) \times N_A \times e$.

$$n(e^-) = \frac{I \times \Delta t}{N_A \times e}$$

COMPRENDRE
Le produit $N_A \times e \approx 9{,}6 \times 10^4$ C · mol^{-1} est la charge d'une mole d'électrons, appelée le faraday F.

2.2 Quelle relation existe-t-il entre $n(Al_2O_3)$ formée et $n(e^-)$ échangée ?

D'après la demi-équation (2), la formation d'une mole d'alumine libère six moles d'électrons.

$$n(Al_2O_3) = \frac{n(e^-)}{6}$$

PIÈGE
Écrire $n(Al_2O_3) = 6\,n(e^-)$: il faut 6 électrons pour UNE unité Al_2O_3, donc beaucoup moins d'alumine que d'électrons.

2.3 Montrer que $m_{max} = \frac{I \times \Delta t}{6 \times N_A \times e} \times M(Al_2O_3)$ et calculer sa valeur.

Données utiles $I = 120$ mA ; $\Delta t = 18$ min ; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ; $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C ; $M(Al_2O_3) = 102$ g · mol^{-1}

$m_{max} = n(Al_2O_3) \times M(Al_2O_3)$ avec $n(Al_2O_3) = \frac{n(e^-)}{6} = \frac{I \times \Delta t}{6 \times N_A \times e}$ (Q2.1 et Q2.2), d'où :

$$m_{max} = \frac{I \times \Delta t}{6 \times N_A \times e} \times M(Al_2O_3)$$

Avec $I = 0{,}120$ A et $\Delta t = 18 \times 60 = 1080$ s :

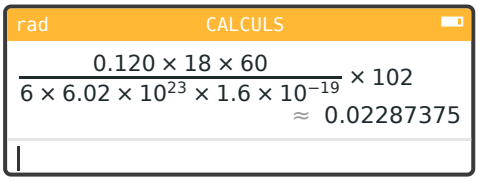
$$m_{max} = \frac{0{,}120 \times 1080}{6 \times 6{,}02 \times 10^{23} \times 1{,}6 \times 10^{-19}} \times 102$$

$$m_{max} = 2{,}3 \times 10^{-2} \text{ g}$$

PIÈGE
Laisser I en mA et Δt en min : la formule exige des ampères et des secondes.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme e et $\Delta t = 18$ min, les données les moins précises.

À LA CALCULATRICE



2.4 Le rendement de l'électrolyse est $r = 90\ \%$. En déduire la masse d'alumine réellement formée.

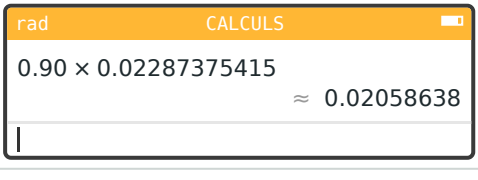
Données utiles m_{max} (Q2.3)

$r = \frac{m(Al_2O_3)}{m_{max}}$, donc $m(Al_2O_3) = r \times m_{max} = 0{,}90 \times 2{,}29 \times 10^{-2}$

$$m(Al_2O_3) = 2{,}1 \times 10^{-2} \text{ g}$$

MÉTHODE
Garder en mémoire la valeur non arrondie de la question précédente et n'arrondir qu'au résultat final.

À LA CALCULATRICE



2.5.1 Calculer le volume minimal d'alumine $V'(Al_2O_3)$ à déposer pour une épaisseur $d = 7{,}0\ \mu m$.

Données utiles $S = 9{,}0\ cm^2$; $d = 7{,}0\ \mu m$

La couche est une plaque d'aire S et d'épaisseur d : $V' = S \times d$.

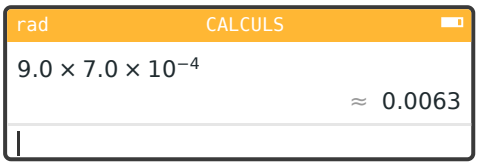
Avec $d = 7{,}0\ \mu m = 7{,}0 \times 10^{-6}\ m = 7{,}0 \times 10^{-4}\ cm$:

$V' = 9{,}0 \times 7{,}0 \times 10^{-4}$

$$V'(Al_2O_3) = 6{,}3 \times 10^{-3}\ cm^3$$

PIÈGE
Multiplier des cm² par des µm sans conversion. Travailler en cm prépare la question suivante, où ρ est en $g \cdot cm^{-3}$.

À LA CALCULATRICE



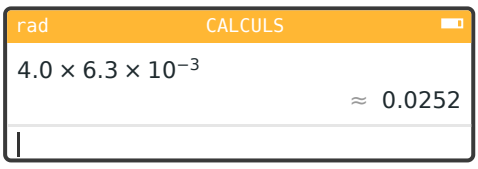
2.5.2 Déterminer la masse $m'(Al_2O_3)$ correspondante.

Données utiles $\rho(Al_2O_3) = 4{,}0\ g \cdot cm^{-3}$; V' (Q2.5.1)

$m' = \rho \times V' = 4{,}0 \times 6{,}3 \times 10^{-3}$

$$m'(Al_2O_3) = 2{,}5 \times 10^{-2}\ g$$

À LA CALCULATRICE



2.5.3 L'épaisseur souhaitée n'est pas obtenue. Quels paramètres de l'électrolyse modifier pour déposer plus d'alumine ?

Données utiles $m(Al_2O_3)$ (Q2.4) ; m' (Q2.5.2)

On a déposé $2{,}1 \times 10^{-2}$ g, moins que les $2{,}5 \times 10^{-2}$ g nécessaires.

Or $m(Al_2O_3) = r \times \dfrac{I \times \Delta t}{6 \times N_A \times e} \times M(Al_2O_3)$: N_A, e et M sont des constantes, la masse déposée est proportionnelle à $I \times \Delta t$.

Il faut augmenter l'intensité I du courant ou la durée Δt de l'électrolyse.

COMPRENDRE
Il faut multiplier $I \times \Delta t$ par $\dfrac{2{,}52}{2{,}06} \approx 1{,}2$: par exemple 22 min au lieu de 18 min à 120 mA.

À LA CALCULATRICE

